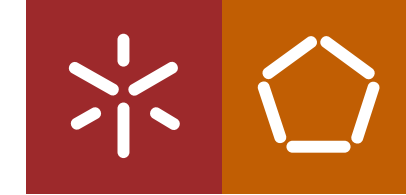


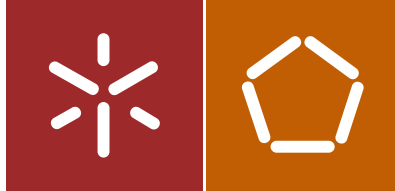


Cátia Alexandrina Correia Lopes

O impacto e utilidade do BIM no planeamento da segurança- Análise realizada por especialistas

Universidade do Minho
Escola de Engenharia





Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Cátia Alexandrina Correia Lopes

O impacto e utilidade do BIM
no planeamento da segurança- Análise
realizada por especialistas

Dissertação de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Engenharia Civil

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor João Pedro Couto

e responsável de empresa
Engenheiro Manuel Tender

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação, parte integrante das condições exigidas para a obtenção do grau de Mestre de Engenharia Civil, permitiu-me enriquecer a nível pessoal e profissional. No entanto, para a realização do mesmo foi essencial a colaboração de várias pessoas e entidades às quais expresso o meu profundo agradecimento.

À Universidade do Minho e à Xispoli Engenharia, Lda, agradeço a oportunidade de realizar este trabalho em ambiente empresarial, permitindo uma experiência profissional, que neste momento não seria possível sem esta parceria.

Ao meu orientador Professor João Pedro Couto, pelo acompanhamento, pela oportunidade de realizar este trabalho em contexto empresarial e por toda a orientação e disponibilidade ao longo da dissertação. Ao meu supervisor na empresa, Eng.º Manuel Tender, um agradecimento especial por todo o apoio, paciência, interesse, motivação e entusiasmo demonstrado no meu trabalho. Um agradecimento ao Eng.º Ricardo Reis pela disponibilidade e profissionalismo durante esta etapa. Agradeço aos inquiridos que colaboraram na realização do inquérito, sobretudo a quem demonstrou a sua opinião quanto ao trabalho desenvolvido.

Aos meus amigos de Vila do Conde que desde sempre me ouviram dizer que seria Engenharia Civil e sempre demonstram o seu apoio e amizade. Em particular à Cátia, à Judite e à Conceição, obrigada por todo o carinho. A todos os meus colegas e amigos que marcaram o meu percurso na Universidade do Minho, sem os quais não seria o mesmo. Obrigado por todos os momentos fantásticos que passamos, foram 5 anos incríveis. Em especial às minhas amigas do coração Daniela e Telma, pelas aventuras e alegrias, por toda a confiança e amizade, não só nesta etapa, mas em todos os momentos desde que vos conheci.

À minha família, especialmente aos meus Pais, pelo apoio, carinho e sacrifício, por terem deixado muitos sonhos para trás para que eu pudesse cumprir o meu. À minha irmã pelo esforço, suporte, compreensão e motivação ao longo de todo o período académico. À minha tia Isabel pela força e aos meus primos que animaram os meus primeiros anos em Guimarães.

Por fim, um agradecimento especial ao Carlos André, por todos os momentos passados em conjunto, pela sua confiança, amor, ajuda, motivação e compreensão, durante o meu percurso e na conclusão desta etapa.

A eles dedico todo este trabalho.

RESUMO

A crise que se tem vivido nos últimos anos na área de construção não tem tido reflexos significativos na redução do número de acidentes de trabalho. Tal facto é indissociável da reduzida importância que os respetivos responsáveis têm votado à prevenção. O modo atual de gerir a segurança é caracterizado numa excessiva lista de procedimentos e regras, pouco compreensíveis e desmotivadoras para quem as tem de implementar, acabando por ficar aquém da integração com o planeamento de obra, levando à desvalorização da prevenção. Este panorama cria um ambiente de desvalorização, levando que a prevenção assuma um carácter secundário e desintegrado na execução da obra.

Perante este quadro e tendo em conta a evolução tecnológica (designadamente as tecnologias de informação), urge tomar medidas de gestão imediatas, de simples interpretação, facilmente transmissíveis a todos os intervenientes e suficientemente eficientes.

A dissertação tem como objetivo uma abordagem à utilização da metodologia BIM no planeamento da prevenção e aferir o impacto da sua utilização.

Numa primeira fase apresentar-se-ão as potencialidades da metodologia BIM e as suas vantagens no âmbito do planeamento de segurança em fase de projeto e obra. De seguida, com base num caso prático, revelar-se-á um novo modo de abordagem ao plano de segurança e saúde (PSS), ao nível de planos de proteções coletivas, gestão de movimentação mecânica de cargas e planos de estaleiro, utilizando a metodologia BIM. Para aferir a adequabilidade e o potencial da implementação desta nova abordagem apresentar-se-ão os resultados do inquérito leva a efeito a um painel de especialistas no sentido de obter a sua posição quanto à utilidade da utilização destas ferramentas.

A utilização desta metodologia abre caminho para uma maior agilização e perceção do planeamento da prevenção, designadamente ao nível da identificação de riscos e aplicação de medidas preventivas, em fase de projeto e de obra, dentro de um espírito de integração entre questões de produção e de segurança.

Palavras-chave: Planeamento da Segurança, BIM, Prevenção, Riscos, Gestão da construção

ABSTRACT

The crisis that the construction sector has come through in the latter years does not has shown significant effects in the number of work related accidents. This fact is inseparable of the low importance attributed to safety by the responsible parties. The current method of safety management consists in an excessive list of procedures and rules of hard comprehension, demotivation the persons who must apply the concepts, therefore are not fully considered along the construction planning, leading to a devaluation of the prevention. This condition leads the prevention to take a secondary part in the work execution.

Before this scenery, and taking into account the technological advancements, it is of the highest priority to take immediate management measures, which must be of simple interpretation and easily transmittable to all intervenient parts.

This dissertation has as objective to make an approach to the BIM methodology applied to the prevention planning and assess the impact of its utilization.

In a first stage, there will be presented the capabilities of the BIM methodology and its advantages in the safety planning at the planning and execution stages. Then, based in case study, there will be proposed a new approach to the Health and Safety Plan, concerning the collective protections plan, management of mechanical load movement and construction site plan, using the BIM methodology. In order to check the suitability and the potential of this new approach, there will be presented the results of an enquiry made to a range of experts, in order to obtain their opinion about this new tool.

The use of this methodology opens a way to a more agile and perceptive prevention planning, mainly in the identification of risks and application of preventive measures in design and construction stages, within a merging of production and safety environment.

Keywords: Safety Planning, BIM, Prevention, Risks, Construction Management

ÍNDICE

| | |
|---|------|
| AGRADECIMENTOS | i |
| RESUMO..... | iii |
| ABSTRACT..... | v |
| ÍNDICE | vii |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | xi |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS | xv |
| ÍNDICE DE TABELAS..... | xvii |
| SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS | xix |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1. Enquadramento | 1 |
| 1.2. Âmbito e objetivos..... | 3 |
| 1.3. Metodologia | 3 |
| 1.4. Estrutura da dissertação | 4 |
| 2. REVISÃO O DO ESTADO DE ARTE..... | 7 |
| 2.1. Panorama atual da segurança..... | 7 |
| 2.1.1. Enquadramento legal da segurança e saúde no trabalho | 8 |
| 2.1.2. Problemáticas da segurança e saúde | 11 |
| 2.1.3. Atualidade da segurança | 13 |
| 2.2. Segurança e a sua relação com a produção..... | 20 |
| 2.3. Revolução industrial 4.0 | 22 |
| 2.3.1. Evolução da indústria | 22 |
| 2.3.2. A 4ª Revolução industrial | 23 |
| 2.3.3. Princípios da indústria 4.0 | 24 |
| 2.3.4. Pilares da indústria 4.0..... | 24 |

| | | |
|----------|---|----|
| 2.3.5. | Impactos da indústria 4.0..... | 25 |
| 2.4. | Building Information Modelling..... | 25 |
| 2.4.1. | História | 26 |
| 2.4.2. | Vantagens do BIM..... | 27 |
| 2.5. | O BIM e a segurança..... | 28 |
| 2.5.1. | Vantagens da prevenção de riscos profissionais no BIM | 30 |
| 2.5.2. | O BIM em coordenação de segurança em projeto e obra | 32 |
| 2.5.3. | O BIM e a formação | 34 |
| 2.5.4. | O BIM e a gestão de estaleiros | 34 |
| 2.5.5. | O BIM e a proteção coletiva..... | 36 |
| 3. | APRESENTAÇÃO DO CASO DE ESTUDO E MODELAÇÃO GERAL | 37 |
| 3.1. | Caso de estudo | 37 |
| 3.1.1. | Vila Mouzinho | 37 |
| 3.1.2. | Características gerais do edifício | 38 |
| 3.1.2.1. | Envolvente..... | 41 |
| 3.1.2.2. | Trabalhos afetos à obra | 43 |
| 3.2. | Programa de modelação | 46 |
| 3.3. | Modelação geral do edifício..... | 47 |
| 3.3.1. | Princípios gerais de modelação | 48 |
| 3.3.2. | Sistema de classificação | 48 |
| 3.3.3. | Procedimentos de pré-modelação | 49 |
| 3.3.3.1. | Plantas do projeto | 49 |
| 3.3.3.2. | Visitas à obra..... | 50 |
| 3.3.4. | Procedimentos de modelação | 51 |
| 3.4. | Principais dificuldades | 55 |
| 4. | INTEGRAÇÃO DA PREVENÇÃO NA METODOLOGIA BIM..... | 57 |
| 4.1. | Aplicação da prevenção no modelo geral do edifício | 57 |
| 4.1.1. | Modelação dos planos específicos de segurança | 59 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 4.1.1.1. | Modelação do plano de estaleiro | 59 |
| 4.1.1.2. | Modelação do plano de movimentação mecânica de cargas | 66 |
| 4.1.1.3. | Modelação do plano de proteções coletivas | 70 |
| 4.1.2. | Inclusão das medidas preventivas nos elementos construtivos | 73 |
| 4.1.2.2. | Fase I- Shared parameters | 74 |
| 4.1.2.3. | Fase II- Project parameters..... | 77 |
| 4.1.2.4. | Fase III - Associação da informação da prevenção a cada elemento construtivo | 80 |
| 4.1.3. | Implementação dos equipamentos de proteção individuais (EPI) | 81 |
| 4.2. | Principais dificuldades | 82 |
| 4.2.2. | Planos de segurança | 82 |
| 4.2.3. | Medidas preventivas | 85 |
| 4.2.4. | Equipamentos de proteção individual..... | 87 |
| 5. | AVALIAÇÃO E RESULTADOS DA METODOLOGIA BIM NA PREVENÇÃO..... | 89 |
| 5.1. | Preparação do inquérito | 89 |
| 5.1.1. | Condições de aplicação..... | 89 |
| 5.1.2. | Definição de objetivos | 90 |
| 5.1.3. | Definição da população alvo | 90 |
| 5.1.4. | Estruturação do inquérito..... | 91 |
| 5.2. | Implementação do inquérito | 93 |
| 5.3. | Resultados | 93 |
| 5.3.1. | Caracterização da amostra | 93 |
| 5.3.2. | Resultados do inquérito | 96 |
| 5.4. | Comentários de especialistas | 100 |
| 6. | DISCUSSÃO DE RESULTADOS | 103 |
| 7. | CONCLUSÃO | 107 |
| 7.1. | Conclusões gerais..... | 107 |
| 7.2. | Perspetivas para trabalhos futuros | 109 |
| 8. | TRABALHOS DESENVOLVIDOS | 111 |

| | |
|--|-----|
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 115 |
| ANEXOS | 123 |
| Anexo I: Planos específicos do PSS | 125 |
| Anexo II: Lista dos elementos de prevenção utilizados no modelo..... | 131 |
| Anexo III: Inclusão da informação de prevenção, BIMSafety | 145 |
| Anexo IV: Inquérito apresentado aos especialistas | 151 |
| Anexo V: Resultados do inquérito | 157 |
| Anexo VI: Trabalhos realizados | 163 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Esquema do quadro legal aplicável às empresas de construção civil..... | 8 |
| Figura 2: Gestão da segurança de construção, considerando o auxílio das tecnologias de visualização | 12 |
| Figura 3: Evolução da Indústria | 22 |
| Figura 4: Indústria 4.0 | 23 |
| Figura 5: Representação da informação necessária no planeamento da segurança durante o ciclo de vida do edifício (projeto, construção e manutenção) | 32 |
| Figura 6: Edifício e envolvente do caso de estudo em análise | 38 |
| Figura 7: Planta do Piso -1 - Vila Mouzinho | 39 |
| Figura 8: Planta do Piso 0 - Vila Mouzinho | 39 |
| Figura 9: Planta do Piso 1 e Mezzanine - Vila Mouzinho | 40 |
| Figura 10: Planta do Piso 2 - Vila Mouzinho | 40 |
| Figura 11: Planta do piso 3 - Vila Mouzinho..... | 41 |
| Figura 12: Planta da Mezzanine Piso 3 - Vila Mouzinho | 41 |
| Figura 13: Fotografia do estaleiro implementado em obra..... | 42 |
| Figura 14: Fotografia dos resíduos de demolições executados em obra..... | 43 |
| Figura 15: Fotografia da conceção do betão para a betonagens de alguns elementos..... | 43 |
| Figura 16: Fotografia de parte da rede de esgotos do piso 1 | 44 |
| Figura 17: Fotografia de alvenaria executada em obra..... | 44 |
| Figura 18: Fotografia de um trabalhador a executar trabalhos de serralharia..... | 45 |
| Figura 19: Fotografia dos painéis de Gesso Cartonado aplicados no piso 2 | 45 |
| Figura 20: Esquema do procedimento de pré-modelação..... | 49 |
| Figura 21: Fotografia de um pormenor construtivo do edifício em análise..... | 50 |
| Figura 22:Estratégia adotada para a modelação..... | 51 |

| | |
|--|----|
| Figura 23: Modelo geral do edifício do caso de estudo em análise, integrando os elementos da envolvente..... | 54 |
| Figura 24: Vista lateral do edifício envolvente..... | 54 |
| Figura 25: Alçado principal do edifício | 54 |
| Figura 26: Pormenor dos azulejos..... | 56 |
| Figura 27: Fotografia do estaleiro implementado na obra e das estruturas de suporte à reabilitação das fachadas | 60 |
| Figura 28: Andaimos modelados no Revit 2017, representando os usados em obra..... | 62 |
| Figura 29: Vedação modelada no Revit 2017, simulando a vedação existente em obra | 62 |
| Figura 30: Porta de acesso ao estaleiro, inserida no modelo, demonstrando a existente em obra | 63 |
| Figura 31: Rede sombreada reproduzida no Revit 2017, representando a existente na obra .. | 63 |
| Figura 32: a) Fita sinalizadora modelada no Revit 2017, traduzindo a aplicada na vedação do estaleiro b) Sinal de obras modelado no Revit 2017 | 64 |
| Figura 33: Quadro informativo indicando os EPI's requeridos, no caso de estudo..... | 64 |
| Figura 34: Simulação da identificação de empresa existente em obra | 65 |
| Figura 35: Modelo da implementação do Plano de Estaleiro no modelo BIM do caso de estudo | 65 |
| Figura 36: Fotografia da reabilitação da cobertura do edifício em análise..... | 67 |
| Figura 37: Guarda-corpos modelados simulando os existentes no caso de estudo..... | 68 |
| Figura 38: Grua introduzida no modelo exemplificando a usada na obra | 68 |
| Figura 39: Integração do Plano de movimentação de cargas no modelo BIM do caso de estudo em análise | 69 |
| Figura 40: Fotografia do piso 3 e aberturas na laje..... | 71 |
| Figura 41: Guarda-corpos integrados no modelo..... | 71 |
| Figura 42: Implementação do Plano de Queda em Altura no BIM do Caso de Estudo | 72 |
| Figura 43: Esquema do faseamento para a inclusão da informação parametrizada | 74 |
| Figura 44: Barra de ferramentas do Programa Revit 2017, aba Manage..... | 74 |

| | |
|--|-----|
| Figura 45: Janela de visualização dos Shared Parameters no Revit 2017 | 75 |
| Figura 46: a) Local definido para guardar o ficheiro com a informação dos parâmetros; b) documento (txt) com a informação relativa aos parâmetros..... | 75 |
| Figura 47: Janela de visualização que visa a criação do Grupo a englobar os parâmetros definidos “Segurança” | 76 |
| Figura 48: Janela de visualização de atribuição das propriedades requeridas pelo programa para atribuição de parâmetros..... | 76 |
| Figura 49: Janela de visualização dos Project Parameters no Revit 2017 | 77 |
| Figura 50: Janela de visualização das propriedades dos parâmetros associados ao projeto no Revit 2017..... | 78 |
| Figura 51: Inclusão da Prevenção no objeto laje, no modelo do edifício do caso de estudo a) Riscos associados à construção da laje de um piso superior b)Medidas preventivas associadas aos riscos da construção da laje de um piso superior | 80 |
| Figura 52: Capacete modelado com vista à implementação no modelo | 81 |
| Figura 53: Processo de criação de um material e atribuição das respetivas características..... | 83 |
| Figura 55: Riscos decorrentes da reabilitação da cobertura..... | 147 |
| Figura 56: Medidas preventivas a considerar na reabilitação da cobertura | 147 |
| Figura 57: Medidas preventivas a considerar na reabilitação da fachada..... | 148 |
| Figura 58: Riscos decorrentes da reabilitação da fachada | 148 |
| Figura 59: Riscos decorrentes da execução da laje do piso 3 | 149 |
| Figura 60: Medidas preventivas a considerar na execução da laje do piso 3 | 149 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1: Descrição da amostra quanto aos anos de experiência em obra | 94 |
| Gráfico 2: Idade dos inquiridos presentes na amostra | 94 |
| Gráfico 3: Habilitações literárias dos inquiridos | 95 |
| Gráfico 4: Função dos inquiridos..... | 96 |
| Gráfico 5: Resultado do inquérito à primeira resposta | 97 |
| Gráfico 6: Resultado do inquérito à segunda questão..... | 97 |
| Gráfico 7: Resultados do inquérito à terceira questão | 98 |
| Gráfico 8: Resultado do inquérito à quarta questão..... | 98 |
| Gráfico 9: Resultado do inquérito à quinta questão..... | 99 |
| Gráfico 10: Síntese dos resultados às questões realizadas no inquérito aos trabalhadores da construção civil..... | 99 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| Tabela 1- Distribuição mensal de trabalhos graves | 14 |
| Tabela 2- Distribuição dos acidentes de trabalho graves segundo a CAE..... | 15 |
| Tabela 3- Distribuição dos acidentes de trabalho graves pelo local de trabalho | 16 |
| Tabela 4- Distribuição mensal de acidentes de trabalho mortais..... | 17 |
| Tabela 5- Distribuição dos acidentes de trabalho mortais segundo a CAE | 18 |
| Tabela 6- Distribuição dos acidentes de trabalho graves pelo local de trabalho | 19 |
| Tabela 7:Apresentação das empresas envolvidas no caso de estudo | 38 |
| Tabela 8: Tabela resumo dos principais elementos de modelação especial | 52 |
| Tabela 9: Tabela resumo dos principais objetos arquitetónicos de modelação especial | 53 |
| Tabela 10: Propriedades dos parâmetros introduzidos no Revit 2017..... | 77 |
| Tabela 11: Exemplos de alguns elementos inseridos nos planos, modelados através do Revit | 84 |
| Tabela 12: Idealização estrutura dos parâmetros a implementar no modelo, englobando os riscos e respetivas medidas preventivas | 85 |
| Tabela 13: Sequência adotada para a implementação da prevenção no modelo | 86 |
| Tabela 14: Tabela correspondente à apresentada no inquérito, com as questões a ser avaliadas pelos inquiridos..... | 91 |
| Tabela 15: Questões implementadas no inquérito, com vista obter uma caracterização do painel de inquiridos | 92 |
| Tabela 16: Tabela de quantidades dos elementos de prevenção utilizados no modelo, retirada do Revit..... | 133 |
| Tabela 17: Tabela síntese dos elementos de prevenção utilizados no modelo | 141 |
| Tabela 18: Resultados do inquérito realizado aos especialistas da construção civil, no âmbito de aferir a utilidade da nova metodologia BIM associada à prevenção | 159 |

SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS

2D- Duas Dimensões

3D- Três Dimensões

4D - Faseamento Construtivo

ACT- Autoridade para as Condições do Trabalho

AEC- Arquitetura, Engenharia e Construção

AVAC - Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

BIM- Building Information Modelling

CAD - Computer Assisted Design

CAE- Classificação das Atividades Económicas

DfS - Design for Safety

DGN- Design

DL- Decreto-lei

EPI- Equipamentos de Proteção Individual

IFC- Industry Foundation Classes

IoT- Internet of Things

ISO- International Organization for Standardization

JHA- Job Hazard Area

MEP- Mechanical, Electrical e Plumbing

OCCS – OMNICLASS Construction Classification System

PE- Plano de Estaleiro

PMMC- Plano de Movimentação Mecânica de Cargas

PPC- Plano de Proteções Coletivas

PSS- Plano de Segurança e Saúde

PtD - Prevention Through Design

RFA- Revit Family

RVT- Revit Project File

SST- Segurança e Saúde no Trabalho

TI- Tecnologias de Informação

1. INTRODUÇÃO

O panorama atual da segurança no setor da construção demonstra que este continua a ser o setor de atividade com maior número de acidentes. Este cenário indica que o modelo de prevenção correntemente utilizado é ineficaz.

O trabalhador tem direito à prestação de trabalhos em condições de segurança e a sua saúde asseguradas [1], neste sentido é necessário tomar medidas de modo a minimizar ou eliminar a probabilidade e as consequências de exposição a riscos laborais. Dai que seja necessário planear cuidadosamente todas as fases de prevenção desde o projeto, contratação, construção e operação, com vista a minimizar ou anular as consequências de exposição a riscos. Nesse sentido, de forma a otimizar o atual modelo de prevenção, há que desenhar novos mecanismos de combate à sinistralidade laboral na construção.

1.1. Enquadramento

O plano de segurança e saúde é fundamental no planeamento e organização da segurança no trabalho [2]. Este documento é uma compilação extensa de descrições de processos, regras e procedimentos, pouco perceptíveis à maioria dos trabalhadores, e em consequência, é negligenciado. Adicionalmente, os desenhos 2D habitualmente utilizados apresentam limitações de leitura e interpretação, sendo uma barreira linguística e um obstáculo à implementação das medidas preventivas. A maioria dos trabalhadores não possui qualquer qualificação, existindo também trabalhadores estrangeiros, com dificuldade na língua portuguesa [3]. Este quadro reforça a necessidade de rever o modo de comunicação da prevenção, visto que os atuais documentos não se adequam à realidade do setor da construção.

A segurança, bem como o desempenho da produtividade na construção, reflete uma reduzida qualidade devido às deficientes condições existentes em obra [4]. A comunicação de um plano de segurança e saúde acessível e abrangente favorece a prevenção, atenuando os acidentes de trabalho e reduzindo os seus efeitos, contribuindo para a minimização de perdas de tempo, consequentemente, vêem-se minimizadas as quebras de produtividade e os custos sociais e económicos originados que deles advém.

A construção civil é um sector que possui características muito próprias. Os projetos são quase sempre únicos, não existindo repetição das características dos empreendimentos, quer a

nível de *design*, quer de obra ou das condições em que desenvolvem. A conceção do projeto e a obra decorrem em locais diferentes, o que por si só cria incertezas, inerentes ao desconhecimento das condições do local, condicionando a qualidade final do projeto [5]. Durante a fase de construção é frequente que os trabalhos decorram em condições precárias, nomeadamente em trabalhos exteriores, em que os trabalhadores e materiais estão expostos às intempéries, favorecendo a ocorrência de situações perigosas. Os estaleiros de construção caracterizam-se por uma grande e diversa rede de contratação e subcontratação de empresas e de trabalhadores independentes, tonando por vezes a comunicação difícil [6]. Um projeto de engenharia civil exige a intervenção de especialistas de diferentes áreas, podendo originar conflitos, quebras e dificuldades de comunicação. Estas condicionantes tornam a construção civil um ramo bastante complexo, pelo que é essencial o conhecimento de técnicas capazes de identificar e tratar os riscos de forma a que estes não prejudiquem o desenvolvimento do projeto [5].

Analisando todas as particularidades da indústria AEC e considerando a evolução da economia mundial, a aposta nesta área passa pela modernização dos métodos e processos a utilizar, visando tornar o setor mais eficiente através da redução de falhas de comunicação, erros de projeto e de construção. Deste modo torna-se necessário a adoção de ferramentas que facilitem a partilha de informação de todo o projeto e que permitam o controlo da atividade construtiva. Neste sentido, é relevante a utilização do BIM, que permite armazenar toda a informação específica do edifício (projeto, planeamento e execução e manutenção) [7], numa plataforma digital, intuitiva e de fácil acesso.

O BIM tem vindo a desenvolver-se rapidamente em termos de capacidades tecnológicas e campo de aplicações. Em consequência, têm surgido investigações e aplicações práticas que exploram a adoção de ferramentas BIM para elevar o nível de prevenção de acidentes na construção [8]. A metodologia BIM permite a visualização do processo construtivo, através de um modelo digital que simula virtualmente a construção do projeto, englobando as características da obra. O modo de comunicação e de leitura de informação do BIM é acessível e de fácil transmissão de informação, clarificando os eventuais problemas e riscos associados à construção. Esta solução permite apresentar uma simulação perceptível aos trabalhadores quanto aos perigos associados a cada tarefa.

1.2. Âmbito e objetivos

O principal objetivo desta dissertação é avaliar a utilidade da implementação do BIM no planeamento da segurança da construção em fase de projeto e obra. Esta investigação permitirá obter um novo modo de abordagem à prevenção, no sentido de solucionar as dificuldades averiguadas nos modelos habitualmente implementados. A metodologia desenvolvida no estudo será avaliada, através de inquéritos realizados a um painel de especialistas com experiência na área da construção.

No inquérito será apresentado aos especialistas o planeamento da segurança em formato 2D (tradicional) e em formato 3D (metodologia BIM), desta forma é-lhes permitido escolher e opinar aquela que consideram a melhor solução.

A nova abordagem à prevenção consiste no desenvolvimento do plano de segurança e saúde (PSS) através de três planos específicos: (i) o plano de estaleiro; (ii) plano de movimentação mecânica de cargas; e o (iii) plano de proteções coletivas. Os planos elaborados serão referentes a um caso de estudo prático relativos a uma obra de reabilitação no centro do Porto. A escolha deste caso de estudo deve-se à oportunidade facultada pela empresa e à importância que a reabilitação assume em Portugal, tendo em conta que atualmente representa a área mais dinâmica na construção civil.

A realização dos objetivos genéricos acima mencionados implica uma análise e concretização de objetivos mais restritos que podem descrever-se do seguinte modo:

- Modelação do edifício do caso de estudo;
- Elaboração do plano de segurança e saúde, nomeadamente o plano de estaleiro, plano movimentação mecânica de cargas e plano de proteções coletivas utilizando a ferramenta BIM;
- Elaboração e implementação do inquérito a especialistas na área da construção;
- Análise e tratamento dos dados resultantes do inquérito.

1.3. Metodologia

A dissertação realizou-se nas instalações da Universidade do Minho no Campus de Azurém em Guimarães, pontualmente também na empresa que foi parceira neste projeto, XISPOLI em Braga, e na obra do Porto que serviu de caso de estudo.

Numa primeira fase realiza-se uma análise bibliográfica e levantamento do estado de arte, com recurso a artigos publicados em bases de dados científicas. Após o processo de recolha e pesquisa de informação, organizou-se toda a informação segundo vários temas, de modo a obter um conhecimento sistematizado.

Posteriormente, iniciou-se a modelação do edifício em estudo, recorrendo a uma das funcionalidades da ferramenta BIM. A modelação do edifício realizou-se com base no projeto fornecido pela empresa e de acordo com os princípios da metodologia. Nesta fase foram cruciais as visitas à obra, permitindo ter uma melhor perceção do edifício e do seu enquadramento na área envolvente.

Concluída a modelação do edifício, seguiu-se a fase de elaboração de planos específicos de segurança, nomeadamente plano de estaleiro, de movimentação mecânica de cargas e de proteções coletivas, na versão 3D (utilidade BIM), e a integração de informação de riscos e medidas preventivas de forma paramétrica.

De seguida foi implementado um inquérito, comparativo entre os dois modelos, com o objetivo de obter uma avaliação dos especialistas quanto à utilidade da nova metodologia. Os questionários foram distribuídos por um grupo alargado de especialistas com experiência na área da construção civil.

Na fase final analisou-se a informação recolhida através dos questionários, seguindo-se a respetiva análise. Estas conclusões permitem obter um parecer quanto à utilidade e impacto do BIM no planeamento da segurança na construção.

1.4. Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em oito capítulos, sendo eles:

- 1) Introdução;
- 2) Revisão do estado de arte;
- 3) Apresentação do caso de estudo e modelação geral;
- 4) Integração da prevenção no BIM;
- 5) Avaliação da metodologia BIM na prevenção;
- 6) Discussão de resultados;
- 7) Conclusão;
- 8) Trabalhos desenvolvidos.

No primeiro capítulo é realizado um enquadramento geral do tema em questão, assim como as motivações que levaram à realização desta dissertação, dos objetivos delineados e da apresentação geral da estrutura adotada para o presente documento.

No segundo capítulo são apresentadas informações e trabalhos desenvolvidos por diversas entidades, considerados pertinentes para a elaboração do desenvolvimento desta temática, pois permitirão dar continuidade ao assunto a partir do que já se encontra desenvolvido. São ainda analisados alguns casos de estudo que permitirão esclarecer os objetivos e a necessidade de desenvolvimento deste trabalho.

No terceiro capítulo é apresentado o caso de estudo escolhido para a elaboração do projeto, expondo os respetivos motivos de eleição e as suas principais características, atendo aos requisitos necessários para o trabalho. Ainda é apresentado o modelo BIM do edifício em análise, assim como os procedimentos de modelação.

No quarto capítulo é explorada a integração da prevenção no modelo BIM, através de planos específicos de segurança, e a integração dos riscos e medidas dos elementos construtivos, sob o modo de informação paramétrica. O desenvolvimento da integração da prevenção num modelo BIM, aplicado ao caso de estudo em análise, é o ponto fundamental no trabalho.

O quinto capítulo é dedicado à avaliação da metodologia e à apresentação dos resultados relativos à implementação deste novo método desenvolvido na dissertação. A avaliação é concretizada através da elaboração de inquérito exposto aos profissionais da construção civil. O inquérito revela-se fundamental no propósito da dissertação, pois irá avaliar o impacto e a utilidade do BIM no planeamento da segurança.

No sexto capítulo realiza-se a discussão de resultados obtidos no inquérito. As ilações obtidas permitirão analisar os aspetos a melhorar, bem como a sua aceitação nas diferentes áreas da construção civil. Ainda é realizada uma breve comparação entre os resultados obtidos no trabalho e os diversos estudos existentes da associação do BIM à segurança.

No sétimo capítulo são apresentadas as conclusões obtidas com o desenvolvimento da dissertação e ainda perspetivas e sugestões para trabalhos futuros, no sentido de aperfeiçoar e dar continuidade ao estudo desenvolvido.

Por último, no oitavo capítulo faz-se referência a uma compilação dos trabalhos desenvolvidos ao longo da dissertação.

2. REVISÃO O DO ESTADO DE ARTE

O desenvolvimento do projeto requer o conhecimento do estado de arte em que o tema se enquadra, como tal definiu-se como objetivo a pesquisa de publicações relevantes, em bancos de dados com as palavras-chave Construção, Segurança e BIM.

A pesquisa centrou-se essencialmente em artigos publicados em revistas indexadas nas áreas da construção, segurança e saúde, automatização e tecnologias, em projetos de investigação e livros do âmbito em análise. O conteúdo reunido foi organizado e selecionado segundo os vários temas, dando prioridade a publicações recentes.

A análise do estado de conhecimento foi fundamental para o desenvolvimento da dissertação, pois além de fornecer informações dos estudos já desenvolvidos, permite também definir o principal objetivo de trabalho, tomando como ponto de partida o atual estado de desenvolvimento do tema.

2.1. Panorama atual da segurança

A segurança na construção é um tema de elevada importância atualmente. O trabalhador tem direito à prestação de trabalhos em condições de segurança e a sua saúde asseguradas [1], neste sentido é necessário tomar medidas de modo a minimizar ou eliminar a probabilidade e as consequências de exposição a riscos laborais. No entanto o sector da construção civil apresenta uma elevada incidência de acidentes laborais.

Atualmente a segurança e saúde no trabalho (SST) é desvalorizada, sendo a prioridade a produção. Existem vários fatores que amplificam a decadência da segurança nomeadamente planeamento e supervisão inadequados do trabalho, comunicação insuficiente entre trabalhadores e supervisores, a falta de conhecimento e práticas de segurança são identificados como fatores chave que contribuem para a maior parte das fatalidades e lesões [9].

Para minimizar ou anular a probabilidade e consequência de exposição a estes riscos, é necessário planear cuidadosamente todas as fases remetentes ao desenvolvimento da infraestrutura desde a fase de: projeto, contratação, construção, manutenção e demolição.

2.1.1. Enquadramento legal da segurança e saúde no trabalho

Com o objetivo de reduzir os riscos profissionais, estabeleceram-se normas específicas de segurança no trabalho no setor da construção civil, e procedeu-se a um reforço dos meios da atividade de fiscalização devido à incidência de acidentes de trabalho.

O quadro legal em vigor atualmente em Portugal, aplicável em matéria de segurança e saúde no trabalho, está representado na Figura 1.



Figura 1: Esquema do quadro legal aplicável às empresas de construção civil

A Diretiva 89/391/CEE [10] reflete uma profunda reformulação para a prevenção de riscos profissionais a nível da União Europeia onde foi acentuada a necessidade de uma política global e coerente de gestão, capaz de gerar as competências e os recursos necessários ao seu adequado e efetivo desenvolvimento nos locais de trabalho [11].

Considerando as preocupações na área da segurança e saúde foram referidos os princípios gerais de proteção, na Diretiva n.º 89/391/CEE, do Conselho, de 12 de junho, relativa à aplicação de medidas destinadas a promover a melhoria da segurança e da saúde dos trabalhadores no trabalho e transposta na Lei 102/2009 de 10 de setembro, capítulo II artigo 15, que define como objetivos:

- Evitar os riscos;
- Planificar a prevenção como um sistema coerente que integre a evolução técnica, a organização do trabalho, as condições de trabalho, as relações sociais e a influência dos fatores ambientais;
- Identificar riscos previsíveis em todas as atividades, na conceção, instalações e processos, assim como na seleção de equipamentos, substâncias e produtos, com vista à eliminação dos mesmos ou, quando esta seja inviável, à redução dos seus efeitos;

- Integrar a avaliação dos riscos para a segurança e a saúde do trabalhador no conjunto das atividades, devendo adotar as medidas adequadas de proteção;
- Combater os riscos na origem, por forma a eliminar ou reduzir a exposição e aumentar os níveis de proteção;
- Assegurar, nos locais de trabalho, que as exposições aos agentes químicos, físicos e biológicos e os fatores de riscos psicossociais não constituem riscos para a segurança e saúde do trabalhador;
- Adaptar o trabalho ao homem, especialmente na conceção dos postos de trabalho, à escolha dos equipamentos, métodos de trabalho e produção, com vista a, nomeadamente, atenuar o trabalho monótono e o trabalho repetitivo e reduzir os riscos psicossociais;
- Adaptar o estado de evolução da técnica, bem como a novas formas de organização do trabalho;
- Substituir o que é perigoso pelo que é isento de perigo ou menos perigoso;
- Priorizar as medidas de proteção coletiva em relação às medidas de proteção individual;
- Elaborar e divulgar instruções compreensíveis e adequadas à atividade do trabalhador [1].

O Decreto-Lei 273/2003 estabelece as regras gerais de planeamento, organização e coordenação para promover a segurança, higiene e saúde no trabalho em estaleiros e é aplicável à generalidade das obras de construção e engenharia civil. As principais obrigações impostas pelo DL 273/2003 residem na nomeação de coordenadores de segurança no projeto e em obra, elaboração do PSS e compilação técnica, na especificação dos deveres dos diversos intervenientes do projeto, registo de subempreiteiros e trabalhadores independentes e livro de obra (registo das atividades de coordenação) [2].

Segundo o DL 273/2003 “A entidade executante deve desenvolver e especificar o plano de segurança e saúde em projeto de modo a complementar as medidas previstas, tendo nomeadamente em conta: o projeto de estaleiro, incluindo os acessos, as circulações, a movimentação de cargas, o armazenamento de materiais, produtos e equipamentos, as instalações fixas e demais apoios à produção, as redes técnicas provisórias, a evacuação de resíduos, a sinalização e as instalações sociais” (Artigo 11º) [2]. Desta obrigatoriedade sucede a elaboração dos PSS de projeto e obra, com o intuito de identificar e prevenir riscos, estabelecendo antecipadamente medidas preventivas.

O plano de segurança e saúde é um requisito legal, referente às condições de segurança e de saúde no trabalho em estaleiros temporários ou móveis, aplicável a obras que imponham projeto e que envolvam riscos especiais ou que exijam a entrega da comunicação prévia de abertura de estaleiro.

É um documento que contempla as análises de risco e as técnicas de prevenção associadas das principais operações e atividades que terão lugar na obra. A elaboração do PSS traduz a aplicação dos princípios gerais de prevenção a cada obra individual.

O PSS incide sobre diferentes aspetos de segurança como a avaliação de riscos e medidas preventivas preconizadas, identificação de condicionalismos, medidas organizativas, planificação das atividades e entre outros. Trata-se de um documento de referência para o planeamento e gestão da segurança e saúde, sendo fundamental para a definição das regras e requisitos de segurança. O coordenador de segurança deverá elaborar o PSS antes do início da obra, servindo de modelo para os documentos a preparar pelas diversas entidades executantes durante a execução da empreitada com vista a garantir a segurança dos trabalhadores. Visto que o PSS é orientado aos vários intervenientes da execução de uma obra, este é o instrumento vital para a coordenação de segurança em obra, de suporte ao dono da obra, uma vez que é o suporte do sistema de gestão de segurança a implementar pelas entidades executantes, devendo portanto, ser de carácter evolutivo e revisto antes da abertura do estaleiro.

O PSS deverá seguir a estrutura definida no Anexo II do Decreto-Lei 273/2003:

1. Avaliação e hierarquização dos riscos reportados ao processo construtivo, abordando a operação de acordo com o cronograma, com a previsão dos riscos correspondentes a cada uma por referência à sua origem, e das adequadas técnicas de prevenção que devem ser objeto de representação gráfica sempre que se afigure necessário.
2. Projeto do estaleiro e memória descritiva, contendo informações sobre sinalização, circulação, utilização e controlo dos equipamentos, movimentação de cargas, apoios à produção, redes técnicas, recolha e evacuação dos resíduos, armazenagem e controlo de acesso ao estaleiro.
3. Requisitos de segurança e saúde segundo os quais devem decorrer os trabalhos.
4. Cronograma detalhado dos trabalhos.

5. Condicionantes à seleção de subempreiteiros, trabalhadores independentes, fornecedores de materiais e equipamentos de trabalho.
6. Diretrizes da entidade executante relativamente aos subempreiteiros e trabalhadores independentes com atividade no estaleiro em matéria de prevenção de riscos profissionais.
7. Meios para assegurar a cooperação entre os vários intervenientes na obra, tendo presentes os requisitos de segurança e saúde estabelecidos.
8. Sistema de gestão de informação e comunicação entre todos os intervenientes no estaleiro em matéria de prevenção de riscos profissionais.
9. Sistemas de informação e de formação de todos os trabalhadores presentes no estaleiro, em matéria de prevenção de riscos profissionais.
10. Procedimentos de emergência, incluindo medidas de socorro e evacuação.
11. Sistema de comunicação da ocorrência de acidentes e incidentes no estaleiro.
12. Sistema de transmissão de informação ao coordenador de segurança em obra para a elaboração da compilação técnica da obra.
13. Instalações sociais para o pessoal empregado na obra, de acordo com as exigências legais, nomeadamente dormitórios, balneários, vestiários, instalações sanitárias e refeitórios [2].

A atual abordagem da prevenção coloca uma grande ênfase no planeamento da segurança na construção, ficando o planeamento da segurança em fase de projeto aquém do esperado. O planeamento da segurança deverá ser abordado em fase de projeto, elaborando um PSS em fase de projeto para cada caso. Assim, deverão ser incutidas nos projetistas os riscos da execução do projeto com o objetivo de os minimizar, torando a prevenção eficiente. A segurança da construção não poderá mais limitar-se à improvisação de soluções. Deverá ser atempadamente ponderada, tendo em vista a seleção dos procedimentos de construção mais adequados para minimizar os riscos [11].

2.1.2. Problemáticas da segurança e saúde

O plano de segurança da construção geralmente é feito separadamente do planeamento do projeto e envolve diferentes responsáveis. Esta separação e a consequente falta de

comunicação criam dificuldades para os responsáveis da segurança analisar quais, quando e onde as medidas de segurança são necessárias para prevenir acidentes [12].

Os atuais planos de segurança e saúde por vezes tornam-se ineficazes, muitas vezes consumados numa excessiva lista de procedimentos e regras, pouco perceptíveis por quem as tem de implementar, acabando por não ser devidamente analisadas. Representam-se em desenhos 2D, apresentando limitações de leitura e interpretação, consequentemente criando uma barreira linguística, que se traduz num obstáculo à implementação das medidas preventivas [13]. Todo este panorama cria um espírito de desvalorização e secundarização desta problemática fazendo com que a prevenção assume um carácter lateral e não integrado na execução da obra.

A coordenação da segurança na construção é dividida em fase de projeto e de construção [14]. Na fase de projeto, os potenciais riscos são normalmente identificados com base nos técnicos de segurança ou a experiência dos projetistas e eliminada através de formação e planeamento da segurança. Durante a construção, os acidentes são impedidos através da monitorização dos trabalhadores em obra [15].

Considerando todas estas características, Guo, Yu e Martino [16], observaram alguns problemas na gestão da segurança na construção, resumida da Figura 2, propondo como solução o uso de tecnologias de visualização.

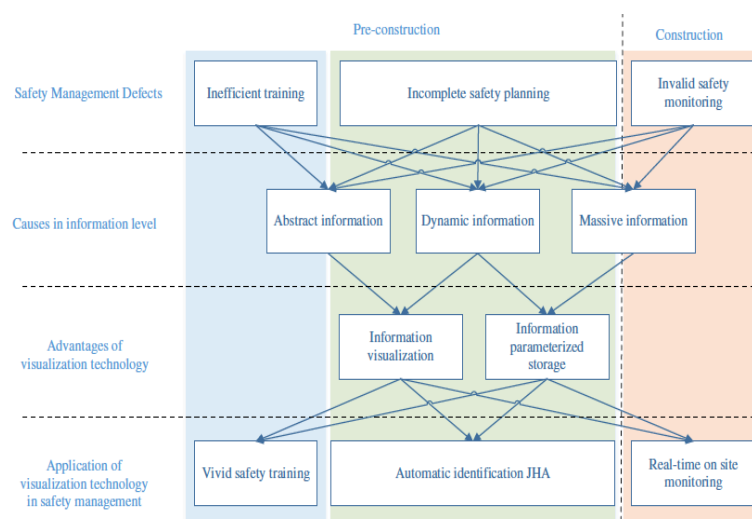


Figura 2: Gestão da segurança de construção, considerando o auxílio das tecnologias de visualização [16]

A insuficiente formação da segurança é apontada como um dos principais problemas da segurança. A formação de segurança é considerada um método útil de gestão [17], mas tradicionalmente é vista apenas como um objetivo de carácter obrigatório pelo DL 203/2009, desvalorizada pelos formadores e formandos, sendo apenas valorizada a obtenção do certificado em vez da aprendizagem e obtenção de conhecimento.

O planeamento de segurança incompleto é outro fator alvo no estudo, a falta de identificação de riscos e perigos na área de trabalho (JHA) é um dos principais problemas [16]. Tradicionalmente, a coordenação da segurança é baseada em reuniões de equipas [18] em que as JHA's são identificadas pela idealização dos processos construtivos com a ajuda de desenhos 2D, cronogramas, regras de segurança e experiência, mas sem um método intuitivo de representação dos processos de construção. Um grande número de JHA's não são detetadas, devido à singularidade, dinamismo e complexidade da construção e do meio ambiente em que se insere [16].

A insuficiente gestão da segurança e o seu modo de aplicação é considerado um obstáculo. Os coordenadores usam uma lista de verificações na gestão da segurança na construção identificando e registrando as infrações [19]. Na falta de suporte tecnológico é impraticável controlar a totalidade das tarefas em simultâneo, devido à grande dimensão e o ambiente dinâmico do estaleiro [20].

As problemáticas da segurança resultam sobretudo das características do setor da construção, considerando toda a informação afeta à construção (elevado número de intervenientes e projetos) e às constantes alterações da obra. Essas características dificultam a formação, o planeamento e gestão, desde trabalhadores a coordenadores de segurança, uma vez que, tem que de idealizar como a obra se desenvolve de acordo com desenhos e documentos, que não são eficientes e intuitivos o suficiente [16]. Pesquisas recentes afirmaram que os principais problemas da segurança estão na dificuldade compreensão e acesso à informação, bem como as inconsistências e imprecisões nas informações devido à entrada manual de dados. [21].

2.1.3. Atualidade da segurança

A ocorrência de acidentes de trabalho ou de doenças profissionais constitui um forte indicador da existência de disfunções nos locais de trabalho e/ou nas respetivas envolventes. A informação da sua ocorrência e a elaboração do respetivo inquérito permitem à Autoridade

para as Condições do Trabalho (ACT) direcionar melhor a sua ação de informação e de controlo no domínio da segurança e da saúde no trabalho e iniciar o processo de transformação daquele local de trabalho específico, permitindo às entidades empregadoras conhecerem melhor as necessidades de correção das medidas de controlo de riscos aplicadas nos locais de trabalho. Estas são, aliás, as razões da obrigação de o empregador comunicar à ACT a ocorrência de acidentes de trabalho mortais, bem como aqueles que evidenciem lesão física grave e do serviço com competências na área da proteção contra os riscos profissionais comunicar à ACT os casos de doença profissional.

Com o objetivo de conhecer o desempenho da segurança em Portugal, recorreu-se à ACT [22] na recolha de informação dos acidentes totais de trabalho graves e mortais entre os anos de 2014 e 2017 (à data da recolha de informação). Também é disponibilizada informação particularizada para os vários setores de atividade da indústria e os locais de ocorrência dos acidentes de trabalho.

Iniciou-se a análise da atualidade da segurança, pelas estatísticas dos acidentes de trabalho graves em Portugal. A Tabela 1, apresenta o número de acidentes graves desde o ano de 2014 até 2017, distribuídos mensalmente.

Tabela 1: Distribuição mensal de trabalhos graves

| Mês | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-----------|------|------|------|------|
| Janeiro | 45 | 175 | 137 | 45 |
| Fevereiro | 47 | 26 | 33 | 2 |
| Março | 31 | 24 | 18 | 1 |
| Abril | 25 | 27 | 10 | 0 |
| Maio | 40 | 31 | 10 | 0 |
| Junho | 26 | 29 | 17 | 0 |
| Julho | 23 | 26 | 11 | 0 |
| Agosto | 12 | 28 | 9 | 0 |
| Setembro | 27 | 20 | 8 | 0 |
| Outubro | 14 | 12 | 7 | 0 |
| Novembro | 12 | 15 | 1 | 0 |
| Dezembro | 6 | 4 | 3 | 0 |
| Total | 308 | 417 | 264 | 50 |

Fonte: ACT- 10/Maio/2017

Assim, verifica-se que no ano de 2014 foi desastroso, tendo em conta que neste período as atividades económicas em Portugal foram diminuídas.

A Tabela 2, apresenta a estatística de acidentes de trabalho graves segundo o setor de atividade, num período de tempo entre 2014 e 2017.

Tabela 2: Distribuição dos acidentes de trabalho graves segundo a CAE

| Secção do CAE | Designação | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|---------------|--|------|------|------|------|
| A | Agricultura, Produção Animal, Caça, Floresta e Pesca | 16 | 32 | 20 | 4 |
| B | Indústrias Extrativas | 3 | 9 | 3 | 2 |
| C | Indústrias Transformadoras | 97 | 127 | 87 | 18 |
| D | Eletricidade, Gás, Vapor, Água Quente e Fria e Ar Frio | 3 | 2 | 1 | 1 |
| E | Captação, Tratamento e Distribuição de Água; Saneamento, Gestão de Resíduos e Despoluição | 8 | 8 | 7 | 0 |
| F | Construção | 88 | 121 | 84 | 8 |
| G | Comércio por grosso e a retalho; Reparação de veículos automóveis e motociclos | 34 | 40 | 22 | 4 |
| H | Transportes e Armazenagem | 9 | 24 | 5 | 2 |
| I | Alojamento, restauração e similares | 8 | 11 | 5 | 3 |
| J | Atividades de Informação e de Comunicação | 3 | 2 | 0 | 0 |
| K | Atividades Financeiras e de Seguros | 0 | 0 | 0 | 0 |
| L | Atividades Imobiliárias | 0 | 0 | 1 | 1 |
| M | Atividades de Consultoria, Científicas, Técnicas e Similares | 0 | 1 | 4 | 2 |
| N | Atividades Administrativas e dos Serviços de Apoio | 31 | 29 | 18 | 4 |
| O | Administração Pública e Defesa; Segurança Social Obrigatória | 3 | 1 | 0 | 0 |
| P | Educação | 1 | 1 | 1 | 0 |
| Q | Atividades de Saúde Humana e Apoio Social | 0 | 7 | 2 | 0 |
| R | Atividades Artísticas, de Espetáculos, Desportivas e Recreativas | 0 | 1 | 0 | 0 |
| S | Outras Atividades de Serviços | 4 | 1 | 4 | 1 |
| T | Atividades das Famílias Empregadoras de Pessoal Doméstico e Atividades de Produção das Famílias para Uso Próprio | 0 | 0 | 0 | 0 |
| U | Atividades dos Organismos Internacionais e Outras Instituições Extraterritoriais | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | CAE ignorada | 2 | 0 | 0 | 0 |
| | Total | 308 | 417 | 264 | 50 |

Fonte: ACT- 10/Maio/2017

Segundo a tabela é possível verificar que a construção civil é das áreas com mais com mais acidentes de trabalhos graves. Analisando os restantes anos é notório um elevando número de acidentes no ano de 2015, sendo que neste ano o sector da construção apresentou uma baixa produção, o que analisando corresponde a um maior número de acidentes para um menor número de atividades. Realça-se que o ano de 2017 (à data da recolha de informação), já contava com 8 acidentes de trabalho graves.

Segundo a Tabela 3, é referido o número de acidentes de trabalho graves distribuídos segundo o local de acontecimento.

Tabela 3: Distribuição dos acidentes de trabalho graves pelo local de trabalho

| Código | Tipo de local | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|--------|---|------|------|------|------|
| 0 | Nenhuma informação | 0 | 0 | 2 | 0 |
| 10 | Zona industrial | 98 | 139 | 97 | 21 |
| 20 | Estaleiro, construção, pedreira, mina a céu aberto | 86 | 115 | 87 | 9 |
| 30 | Área de agricultura, produção animal, piscicultura, zona florestal | 15 | 33 | 18 | 6 |
| 40 | Local de atividades terciária, escritório, entretenimento, diversos | 18 | 28 | 18 | 2 |
| 50 | Estabelecimento de saúde | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 60 | Local público | 32 | 23 | 7 | 0 |
| 70 | Domicílio | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 80 | Local de atividade desportiva | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 90 | No ar, em altura – com exclusão de estaleiros | 2 | 7 | 6 | 2 |
| 100 | Subterrâneo – com exclusão de estaleiros | 1 | 5 | 1 | 1 |
| 110 | Sobre água – com exclusão de estaleiros | 2 | 3 | 2 | 0 |
| 120 | Em meio hiperbárico – com exclusão de estaleiros | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 999 | Outro tipo de local de trabalho | 24 | 53 | 22 | 6 |
| | Em averiguação | 27 | 8 | 4 | 2 |
| | Total | 308 | 417 | 264 | 50 |

Fonte: ACT- 10/Maio/2017

Observando os dados da tabela é possível verificar que os estaleiros são o segundo local com mais acidentes de trabalho graves, de entre os restantes locais. Considerando as estatísticas é notório que é necessário agir no sentido de diminuir este número.

Através da ACT foi possível recolher dados quanto às estatísticas de acidentes de trabalho mortais.

Na Tabela 4, apresenta o número de acidentes mortais desde o ano de 2014 até 2017, distribuídos mensalmente.

Tabela 4: Distribuição mensal de acidentes de trabalho mortais

| Mês | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-----------|------|------|------|------|
| Janeiro | 17 | 25 | 23 | 9 |
| Fevereiro | 2 | 10 | 17 | 3 |
| Março | 12 | 15 | 13 | 10 |
| Abril | 14 | 8 | 8 | 12 |
| Maio | 12 | 5 | 10 | 0 |
| Junho | 11 | 13 | 13 | 0 |
| Julho | 13 | 10 | 7 | 0 |
| Agosto | 11 | 12 | 14 | 0 |
| Setembro | 10 | 5 | 12 | 0 |
| Outubro | 17 | 22 | 7 | 0 |
| Novembro | 8 | 9 | 10 | 0 |
| Dezembro | 8 | 8 | 6 | 0 |
| Total | 135 | 142 | 140 | 34 |

Fonte: ACT- 10/Maio/2017

Os dados da tabela demonstram que o número de vítimas mortais em acidentes de trabalho no período referido é elevado, contando já o ano de 2017 com 34 vítimas à data da recolha de dados, sendo que ainda só tinha vigorado um terço do ano. Comparando o ano de 2017 com os restantes, é de notar que já representa um quarto dos acidentes totais. Constata-se que embora o número de acidentes mortais seja menor, comparando com os meses correspondentes, o ano de 2017 já segue a tendência de um elevado número de acidentes de trabalho mortais. Este panorama reafirma a necessidade urgente de adotar medidas de combate à sinistralidade laboral.

A Tabela 5, apresenta a estatística de acidentes de trabalho graves segundo o setor de atividade, num período de tempo entre 2014 e 2017.

Tabela 5: Distribuição dos acidentes de trabalho mortais segundo a CAE

| Secção do CAE | Designação | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|---------------|--|------|------|------|------|
| A | Agricultura, Produção Animal, Caça, Floresta e Pesca | 20 | 28 | 15 | 2 |
| B | Indústrias Extrativas | 4 | 4 | 5 | 1 |
| C | Indústrias Transformadoras | 28 | 22 | 28 | 14 |
| D | Electricidade, Gás, Vapor, Água Quente e Fria e Ar Frio | 0 | 0 | 0 | 0 |
| E | Captação, Tratamento e Distribuição de Água; Saneamento, Gestão de Resíduos e Despoluição | 1 | 2 | 2 | 1 |
| F | Construção | 41 | 45 | 43 | 6 |
| G | Comércio por grosso e a retalho; Reparação de veículos automóveis e motociclos | 9 | 11 | 16 | 3 |
| H | Transportes e Armazenagem | 10 | 12 | 12 | 1 |
| I | Alojamento, restauração e similares | 4 | 0 | 1 | 1 |
| J | Atividades de Informação e de Comunicação | 0 | 1 | 1 | 0 |
| K | Atividades Financeiras e de Seguros | 1 | 0 | 0 | 0 |
| L | Atividades Imobiliárias | 0 | 1 | 0 | 0 |
| M | Atividades de Consultoria, Científicas, Técnicas e Similares | 1 | 1 | 1 | 0 |
| N | Atividades Administrativas e dos Serviços de Apoio | 9 | 11 | 10 | 4 |
| O | Administração Pública e Defesa; Segurança Social Obrigatória | 2 | 0 | 0 | 0 |
| P | Educação | 1 | 0 | 1 | 0 |
| Q | Atividades de Saúde Humana e Apoio Social | 1 | 0 | 1 | 1 |
| R | Atividades Artísticas, de Espetáculos, Desportivas e Recreativas | 0 | 0 | 0 | 0 |
| S | Outras Atividades de Serviços | 3 | 2 | 2 | 0 |
| T | Atividades das Famílias Empregadoras de Pessoal Doméstico e Atividades de Produção das Famílias para Uso Próprio | 0 | 0 | 0 | 0 |
| U | Atividades dos Organismos Internacionais e Outras Instituições Extraterritoriais | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | CAE ignorada | 0 | 2 | 2 | 0 |
| | Total | 135 | 142 | 140 | 34 |

Fonte: ACT- 10/Maio/2017

Segundo a tabela é possível verificar que a construção civil é a área com mais com mais acidentes de trabalhos mortais. Salientando que o ano de 2017 (à data da recolha de informação), já conta com 6 vítimas mortais. Analisando a tabela refere-se o elevado o número de acidentes mortais, sendo superior a 40 vítimas em todos os anos. É importante referir que no período apresentado ainda se reflete a crise económica em Portugal, sendo a

construção um dos setores mais afetados, onde as suas atividades diminuíram, o que analisando corresponde a um maior número de acidentes para um menor número de atividades.

Segundo Tabela 6, é referido o número de acidentes de trabalhos mortais distribuídos segundo o local de acontecimento.

Tabela 6: Distribuição dos acidentes de trabalho graves pelo local de trabalho

| Código | Tipo de local | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|---------------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 0 | Nenhuma informação | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 10 | Zona industrial | 25 | 22 | 23 | 1 |
| 20 | Estaleiro, construção, pedreira, mina a céu aberto | 42 | 34 | 32 | 2 |
| 30 | Área de agricultura, produção animal, piscicultura, zona florestal | 13 | 21 | 16 | 1 |
| 40 | Local de atividades terciária, escritório, entretenimento, diversos | 1 | 4 | 6 | 0 |
| 50 | Estabelecimento de saúde | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 60 | Local público | 19 | 18 | 21 | 1 |
| 70 | Domicílio | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 80 | Local de atividade desportiva | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 90 | No ar, em altura – com exclusão de estaleiros | 4 | 1 | 3 | 0 |
| 100 | Subterrâneo – com exclusão de estaleiros | 0 | 4 | 0 | 0 |
| 110 | Sobre água – com exclusão de estaleiros | 13 | 7 | 1 | 0 |
| 120 | Em meio hiperbárico – com exclusão de estaleiros | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 999 | Outro tipo de local de trabalho | 15 | 21 | 12 | 1 |
| | Em averiguação | 1 | 9 | 24 | 28 |
| | Total | 135 | 142 | 140 | 34 |

Fonte: ACT- 10/Maio/2017

É possível verificar que os estaleiros são o local com mais acidentes de trabalho mortais. Nota-se que tem havido uma ligeira diminuição, no entanto não é justificável, uma vez que as atividades de obras são ainda são reduzidas em relação o ligeiro decréscimo de vítimas mortais.

Analisando as estatísticas da ACT conclui-se que 2017 (apesar de à data da ressolha de informação) já está indicado como um ano negro na área da segurança em Portugal. Os números de acidentes continuam elevados, sendo um motivo de preocupação pois as atividades de construção são menores, representando uma maior proporção de mais acidentes de trabalho por obra.

Tendo em conta o atual panorama da segurança, é necessário minorar o risco de ocorrência de acidentes de trabalho. Um processo para solucionar esta problemática, é implementar medidas de gestão imediatas, de fácil interpretação, facilmente transmissíveis a todos os intervenientes e suficientemente eficientes.

2.2. Segurança e a sua relação com a produção

A segurança deve ser garantida e assegurada em qualquer local e trabalho [1]. Assim sendo, é obrigatório que todos os trabalhadores executem as suas atividades de trabalho em segurança. A prevenção está interligada com a produção, ao nível da execução de todos os processos, como tal, a garantia da segurança é um fator relevante para o bom funcionamento e desempenho de todas as atividades.

O decréscimo das atividades de construção nos últimos anos, leva a que a segurança tenha vindo a ser descorada. Devido à falta de trabalho e ao aumento da pressão sobre os trabalhadores para terem um rendimento elevado, são-lhes impostas condições de trabalho desadequadas, desvalorizando a segurança. A comunicação de segurança é parte da rotina diária de uma obra, mas geralmente não é reconhecida ou usada como uma ferramenta produtiva [23]. Na área da construção, a segurança é vista como “inimiga” da produção, devido à imposição de prazos e limites, passando então para um segundo plano e muitas vezes desvalorizada. Perante este panorama, os trabalhadores ficam sujeitos à possibilidade de não desenvolver o seu trabalho do modo mais adequado, estando suscetíveis a riscos. A segurança afeta o processo primário de produção e é vista como um “fardo” burocrático [24]. O propósito máximo de uma empresa é a conclusão da atividade num curto espaço de tempo, voltando todas as atenções e recursos para o objetivo final. A segurança no trabalho é obrigatória e exigida pelas chefias, desde que não interfira nos cronogramas de produção [25]. Por vezes a segurança está presente no discurso da direção, no entanto acaba por não ser aplicada nas atividades, sendo apenas valorizada em situações de crise. Apenas aquando da ocorrência de um acidente grave se verifica a implementação de medidas de segurança,

muitas vezes com o intuito de não comprometer a imagem da empresa. Esta abordagem pode resultar em acidentes e, estes sim, são um obstáculo à produção. A segurança no trabalho não é mencionada como prioridade dentro da empresa [26]. Esta opinião é desacertada, uma vez que o desprezo da segurança nas atividades de trabalho leva à exposição a riscos, que podem ser eliminados ou diminuídos adotando medidas de segurança.

Um fator determinante é o facto de o trabalhador estar sujeito a alterações de funções, resultante do reduzido número de trabalhadores. A rotatividade de tarefas leva a um descuido da segurança, dando prioridade à instrução da tarefa, com vista à execução da atividade. O trabalhador reconhece que o mais importante para a empresa, não é como a atividade é executada (cumprindo os requisitos de segurança), mas sim o resultado decorrente da tarefa no menor curto de tempo possível. Ainda o facto de o trabalhador estar familiarizado com o método de trabalho desprotegido, dificulta a execução das tarefas com os procedimentos corretos durante o período imposto, fator que leva à diminuição da produção, visto negativamente pela direção [25]. Este pensamento cria um clima de insegurança, sendo este um dos principais fatores que podem prejudicar a produção. Um trabalhador apreensivo e inseguro não consegue obter os mesmos níveis de produção que um trabalhador confiante e seguro.

Alguns empresários entendem ainda que ao investirem na segurança quando o seu concorrente direto não o faz, estão a perder competitividade [27]. As entidades devem assumir uma postura inequívoca de envolvimento com a prevenção, abandonando a ideia de que a prevenção gera prejuízo [28].

A integração da segurança tem como vantagem a garantia de uma melhor continuidade da atividade, o que aumenta a produtividade (evitando incidentes, acidentes, quebras e falhas no processo produtivo) [29]. Empresas que desenvolvem o programa de segurança e saúde como parte integrante na produção potencializam a produção, nomeadamente com a prática de ações de segurança no trabalho em comum é favorável. Uma atuação preventiva contribui para o aumento da produtividade [30]. A adoção de programas desta natureza, entre outras vantagens, traduz na dispensa de desenvolver ações em duplicado para abordar o mesmo conteúdo, que é um aspeto produtivo. Sendo que a maior vantagem é a possibilidade de demonstrar aos trabalhadores que para cumprir os requisitos de segurança não é necessário desenvolver ações específicas para tal, basta incluir essa preocupação nos procedimentos de trabalho e transformá-la em ações concretas que possam ser avaliadas e medidas.

Os sistemas de produção modernos serão tanto mais lucrativos, quanto mais desenvolvida e integrada estiver a segurança e a saúde na produção [31]. A segurança deverá ser encarada como um aliado da produção, devendo, para o efeito, ser um fundamento da gestão de topo e estar suficientemente munida de meios humanos, com autonomia técnica, adequadas à empreitada a realizar. [28].

2.3. Revolução industrial 4.0

O mundo está perante uma nova era, marcada pela evolução da sociedade, da economia e da tecnologia. Esta nova era conduz a que também a indústria acompanhe a nova realidade, tornando-se competitiva, precisa e automatizada.

2.3.1. Evolução da indústria

A história da evolução da indústria passa por períodos de revolução (Figura 3).

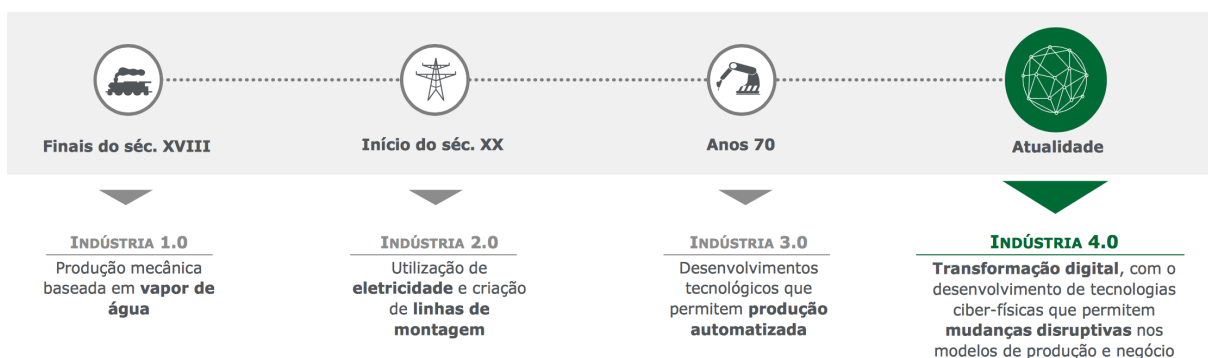


Figura 3: Evolução da Indústria /33/

A primeira Revolução Industrial no século XVIII, que foi o aprimoramento da máquina a vapor. A segunda Revolução Industrial é marcada pela criação da linha de produção em massa, em linha de montagem, criando o conceito da produção em escala, reduzindo o custo e popularizando o produto, para que a massa trabalhadora pudesse adquirir, criando um ciclo virtuoso na indústria e na economia. A terceira Revolução Industrial, a era da automação, onde surge a implementação de computadores capazes de gerir uma grande quantidade de variáveis de produção, permitindo a tomada de decisões e controlo de dispositivos de forma autónoma. Esta era permitiu aumentar a qualidade dos produtos, a produção, gestão dos custos e promoção da segurança na produção [32].

Com a mudança da economia mundial estamos perante um novo paradigma, onde domina a digitalização da informação. Com o decorrer da história passamos por diversas fases na revolução industrial, agora estamos numa nova era onde domina o desenvolvimento das tecnologias, que permitem a informatização da informação e a partilha de dados, criando um ambiente cooperativo entre colaboradores.

A quarta revolução industrial, onde as tecnologias de informação e comunicação são aplicadas à indústria com os seus conceitos adaptados a máquinas e equipamentos, permitindo desenvolver um ambiente onde todos os equipamentos e máquinas estão conectados em redes, dando origem à digitalização da informação.

2.3.2. A 4ª Revolução industrial

“A quarta revolução industrial consiste na fusão de métodos de produção com os mais recentes desenvolvimentos na tecnologia de informação e comunicação. Este desenvolvimento é impulsionado pela digitalização da economia e sociedade. A base tecnológica deste desenvolvimento são os “sistemas cyber-físicos”, que permitirão que pessoas, máquinas, equipamentos, sistemas logísticos e produtos comuniquem e cooperem uns com os outros. Esta revolução é apelidada, na Europa, de Indústria 4.0.” [33]

A Indústria 4.0 representa a entrada definitiva das tecnologias de informação (TI), com implicações a todos os níveis do sistema de produção. O fluxo de dados partilhados em tempo real entre máquinas, robots e sistemas logísticos, permitirá antever falhas, adaptar a produção a novos cenários e integrar variáveis no processo produtivo da indústria 4.0. [34] (Figura 4).

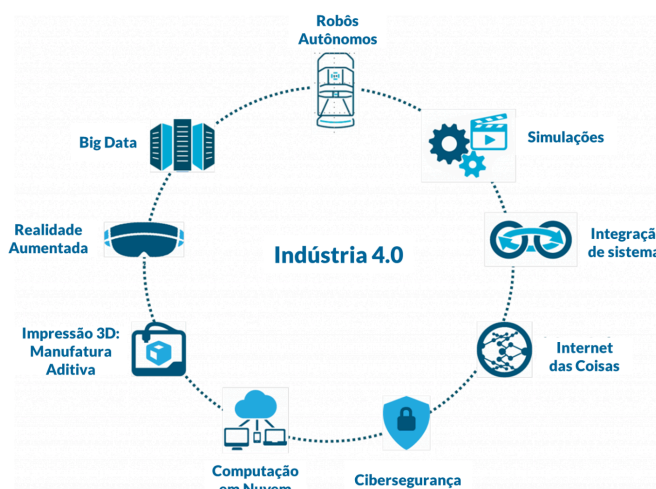


Figura 4: Indústria 4.0 [34].

Os sistemas cyber-físicos combinam máquinas com processos digitais e são capazes de tomar decisões descentralizadas e de cooperar, entre eles e com humanos, através de redes digitais.

2.3.3. Princípios da indústria 4.0

Existem seis princípios do desenvolvimento e implementação da indústria 4.0, que definem os sistemas de produção inteligentes:

- **Capacidade de operação em tempo real:** aquisição e tratamento de dados de forma instantânea, permitindo a tomada de decisões em tempo real;
- **Virtualização:** Simulações e sistemas supervisores, já são usados, no entanto a indústria 4.0 propõe a existência de uma cópia virtual. Permitindo a rastreabilidade e monitorização remota de todos os processos;
- **Descentralização:** A tomada de decisões é realizada por um sistema cyber-físico de acordo com as necessidades da produção em tempo real. As máquinas não só recebem comandos, como também poderão fornecer informações sobre seu ciclo de trabalho, aprimorando os processos de produção;
- **Orientação a serviços:** Utilização de arquiteturas de software orientadas a serviços aliado ao conceito de *Internet of Services*.;
- **Modularidade:** Produção de acordo com as necessidades, acoplamento e desacoplamento de módulos na produção. O que oferece flexibilidade para alterar tarefas das máquinas facilmente [35].

2.3.4. Pilares da indústria 4.0

Com base nos princípios acima, a indústria 4.0 é uma realidade que se torna possível devido aos avanços tecnológicos da última década, aliados ao desenvolvimento nos campos de tecnologia da informação e engenharia. Os mais relevantes são e nos quais a indústria 4.0 assenta são:

- **Internet das coisas (*Internet of Things – IoT*):** Consiste na conexão em rede de objetos físicos, ambientes, veículos e máquinas por meio de dispositivos eletrónicos integrados que permitem a recolha e troca de dados, sistemas cyber-físicos;

- **Big Data Analytics:** São estruturas de dados extensas e complexas que utilizam novas abordagens de recolha, análise e gestão de informações;
- **Segurança:** Um dos principais desafios para o sucesso da quarta revolução industrial está na segurança e robustez dos sistemas de informação. Com toda a conectividade, também serão necessários sistemas que protejam o *know-how* da companhia, contido nos arquivos de controlo dos processos [35].

2.3.5. Impactos da indústria 4.0

Um dos maiores impactos causados pela indústria 4.0 será a mudança que afetará o mercado como um todo, consistindo na criação de novos modelos de negócios. Num mercado cada vez mais exigente, muitas empresas já procuram integrar ao produto necessidades e preferências específicas de cada cliente.

Outro ponto que será abalado pela quarta revolução industrial será a pesquisa e desenvolvimento nos campos da segurança em T.I., confiabilidade da produção e interação. A tecnologia desenvolver-se-á continuamente para tornar viável a adaptação das empresas a este novo padrão de indústria.

Os profissionais também terão de se adaptar, pois com fábricas ainda mais automatizadas, novos desafios surgirão enquanto outros deixarão de existir [35]. A quarta revolução tem o potencial de elevar os níveis globais de rendimento e melhorar a qualidade de vida de populações inteiras.

A indústria da construção inclui-se no despertar desta nova época da digitalização da informação, com a adoção do BIM.

2.4. Building Information Modelling

Building Information Modelling (BIM) é uma representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação. O BIM é um recurso de conhecimento que compila e partilha informações sobre uma infraestrutura e constitui uma base confiável para decisões durante seu ciclo de vida. Um edifício pode ser modelado desde a conceção mais antiga até a demolição [36].

A indústria da arquitetura, engenharia e construção (AEC), está em revolução a níveis tecnológicos e organizacionais, dando importância à informação, sustentabilidade e produtividade. A solução para esta nova era é a automatização e digitalização da informação. Esta mudança tecnológica permite a partilha de informação e promove a comunicação interdisciplinar.

O BIM é um impulsionador da “quarta revolução industrial”. Esta nova fase caracteriza-se pela digitalização da informação, englobando algumas tecnologias para automação e troca de dados e utiliza conceitos de modelos virtuais e partilha de dados, através da nuvem.

Os modelos BIM são uma ferramenta que traduz nitidamente a Indústria 4.0, pois a sua principal característica é a digitalização de toda a informação relativa à construção, incluindo de forma evidente a cooperação e a comunicação de informação.

Tradicionalmente, a indústria AEC utiliza desenhos em 2D CAD elaborados em *softwares* de desenho vetorial, não existindo uma diferenciação entre os elementos de um projeto. O modelo BIM por outro lado é tridimensional parametrizável, ou seja, cada elemento do modelo tem características específicas [7]. Por exemplo, ao criar uma parede num *software* BIM, este atribuirá determinadas características a um objeto de modo a diferenciá-lo, enquanto num programa CAD a parede será criada apenas por linhas [37].

O BIM é um modelo multidimensional, que virtualmente representa o ciclo de vida do projeto de construção, desde a fase de projeto, construção, operação e manutenção.

2.4.1. História

O conceito BIM existe desde a década de 1970 por Charles M. Eastman sobre modelação de dados de produtos da construção [38]. *Building Information* foi aplicado em 1885 por Simon Ruffle [39], e publicado em 1986 [40]. O termo "*Building Information Modelling*" apareceu pela primeira vez 1992 num artigo de G.A. Van Nederveen e F. P. Tolman [41].

Em 1987 ocorreu a primeira implementação do BIM, que consistia num produto CAD capaz de criar geometrias 2D e 3D, bem como o primeiro produto BIM comercial, desenvolvido através do *Virtual Building* da aplicação *ArchiCAD* da *Graphisoft* [42]. Contudo o uso do BIM não cresceu nessa altura, apenas em 2002 por um arquiteto da indústria de CAD, Phil Bernstein da *Autodesk* [43], quando lançou um papper intitulado "*Building Information Modeling*".

Posteriormente a essa data, diferentes casas de *software* começaram a inteirar-se na área do BIM. Jerry Laiserin, em 2003 contribui para expansão do BIM, aplicando-o como um nome comum para a representação digital de um processo de construção de edifícios [44].

2.4.2. Vantagens do BIM

O uso de modelos BIM trás inúmeras vantagens para indústria da construção. O Building Information Modelling caracteriza a geometria, relações espaciais, informações geográficas, quantidades e propriedades dos elementos de construção, estimativas de custos, inventários de materiais e cronograma da construção [45]. Assim, torna-se útil na agilização no processo de aquisição e logística dos materiais, o que, pode reduzir os potenciais atrasos na entrega dos materiais.

O BIM facilita os processos de calendarização do projeto e auxilia gestores de projeto em atividades com precedência [46], enfrentando possíveis confrontos durante a fase de pré-construção. Esta é uma plataforma de base de dados comum para os intervenientes, apoiando a partilha de informação e comunicação mais efetivas [45]. Deste modo a partilha de informação deverá deixar de se fazer sob a forma de documentos formais, passando a ocorrer, na generalidade dos casos, sob a forma de um acesso direto de cada interveniente a um modelo centralizado, assegurando que todos os intervenientes tenham acesso imediato à última versão de qualquer documento associado ao empreendimento. As tarefas de projeto devem ser desenvolvidas em simultâneo, condições para um verdadeiro trabalho de equipa entre projetistas, em que a colaboração de cada elemento passa a ter influência imediata nos trabalhos produzidos pelos outros. A partilha deste modelo com os vários colaboradores, minimiza erros e omissões provenientes da interpretação e tradução deficiente da informação, e proporcionando a conformidade do modelo à medida que novos dados são acrescentados, evitando a perda da informação.

A visualização é realizada em 3D [37], facilitando a interpretação dos projetos. As capacidades de visualização do BIM permitem uma melhor compreensão do modelo global de construção durante todo o ciclo de vida do projeto [45]. Obtém-se também um modelo com as características muito aproximadas ao produto final, diminuindo a imprevisibilidade associada a vários aspetos dos processos de construção.

Este processo permite a produção de vistas e pormenores complexos e compatibilização entre elementos [47], sendo menor o tempo dedicado a pormenores. Os modelos BIM são automáticos, isto é, o utilizador define o tipo de vista pretendido e o modelo gera-a. Isto inclui plantas, alçados, cortes, pormenores e elementos 3D. Visto que a modelação obedece a regras paramétricas, todas as vistas são atualizadas em tempo real, garantindo a consistência do modelo e a rapidez na produção de informação visual existindo deste modo uma menor propensão para erros humanos na modelação gráfica.

O uso de modelos e simulações digitais, permite à equipa de projeto comunicar e implementar um plano de segurança de forma mais eficaz [48].

2.5. O BIM e a segurança

Considerando que o sector da construção civil apresenta a taxa de sinistralidade laboral mais elevada no conjunto das atividades económicas, existe a necessidade de idealizar mecanismos que colaborem no combate à sinistralidade laboral neste sector. Estes mecanismos apontam para a diminuição do fator de risco e aumentar a proteção, deste modo atenuar os acidentes, reduzindo os seus efeitos e minorando consequentemente as perdas de tempo, a quebra de produtividade e os custos sociais e económicos originados pelos acidentes de trabalho.

Pesquisas afirmam que as problemáticas da segurança na construção podem ser combatidas com as tecnologias de visualização, que não só reproduz informação digital e visual, mas também descreve o ambiente e os processos de construção de forma abrangente e precisa [16]. Considerando as problemáticas da segurança na área da construção civil, surgiu a associação do BIM à prevenção. Esta associação surge do eficaz desenvolvimento do BIM em todas as competências tecnológicas e nas suas áreas de aplicações. Como consequência despontam trabalhos de investigação e aplicação práticas que exploram a adoção de ferramentas BIM para elevar o nível de prevenção de acidentes na construção [8].

O uso de tecnologias BIM na gestão de riscos tem apresentado um crescente interesse de pesquisa por parte da indústria da AEC. A tecnologia BIM confere uma compreensão abrangente dos fundamentos e técnicas de prevenção[49]. A aplicação do BIM na área da prevenção de riscos ainda não se encontra tão evoluída como nas restantes áreas da construção. No entanto, verifica-se que o interesse em integrar questões de prevenção no BIM tem vindo a aumentar [48]. Aguilera [50] analisou os artigos publicados em 11 países sobre

utilização de metodologias BIM aplicadas à prevenção na construção, verificando que 89% dos artigos foram publicados no período entre 2012 a 2016. Desde 2013 a investigação da integração do BIM na gestão da segurança tem aumentado significativamente [50].

O principal foco da prevenção reside nas áreas de intervenção e sensibilização para uma segurança eficaz. Considerando os objetivos da dissertação optou-se por centrar a pesquisa de informação nas seguintes áreas do planeamento da segurança:

- **em fase de projeto:** o uso de um modelo virtual do projeto integrando a segurança pode ajudar os coordenadores de projeto ou coordenadores de segurança na identificação riscos automaticamente ou manualmente. Nesta fase, beneficia também o planeamento da segurança [51], deste modo auxiliando e elucidando os projetistas na conceção de um projeto com menores riscos;
- **formação de trabalhadores:** revelar o processo construtivo e o ambiente da obra pode melhorar a consciência de risco dos trabalhadores para que compreendam mais facilmente os problemas de segurança envolvidos [52], sendo possível demonstrar os perigos e as medidas preventivas afetas a cada tarefa, sensibilizando o operário para uma cultura de apreço pela segurança e a importância dos equipamentos de segurança individuais (EPI);
- **gestão dos estaleiros:** a integração do BIM na gestão dos estaleiros permite abordar a limitação de espaço do estaleiro, otimiza as dimensões das instalações e também considera o armazenamento interior em edifícios em construção [53]. Por ser um local de instalações provisórias, é muitas vezes desorganizado e desvalorizado quanto às regras de segurança, combinados estes fatores tornam-no num local propício a acidentes. Através de uma eficaz gestão aliada à segurança é possível diminuir os riscos e acidentes;
- **proteção coletivas:** a integração da segurança e saúde da construção no BIM, permite a automatização do reconhecimento de perigos e a geração de métodos de prevenção [54]. O BIM auxilia os coordenadores no planeamento da segurança, nomeadamente na definição das proteções coletivas, sendo que uma das prioridades será dada às proteções coletivas, com vista a proteger todos os trabalhadores dos eventuais riscos.

O plano de segurança pode ser visto como uma parte ou dimensão do planeamento de produção na construção. Em várias outras áreas da indústria, a segurança tem uma posição de aspeto chave no campo do planeamento de produção [55].

Portanto, uma maneira eficiente de inserir dados numa obra está em questão, e a possível solução passa pela implementação efetiva de um novo processo de modelação de informação como o BIM [21]. Ter um plano de segurança colaborativo e a consciencialização da segurança como pontos de partida, pode resultar em novas contribuições, combinando funções de gestão de segurança com soluções BIM apropriadas [55].

2.5.1. Vantagens da prevenção de riscos profissionais no BIM

A implementação do BIM na área da Segurança e Saúde, apresenta múltiplas vantagens para um projeto competente. Auxilia a segurança em várias vertentes como por exemplo: a prevenção de acidentes em fase de projeto, uma melhor gestão de estaleiros evitando acidentes, uma melhor consciencialização do ambiente dinâmico em que a construção está inserida e uma acessível divulgação dos planos de segurança aos trabalhadores.

A utilização do BIM na área da segurança tem inúmeras vantagens, tais como:

- **Interoperabilidade**

Uma das principais vantagens do BIM é a interoperabilidade. Assim podemos ver o BIM como uma nova ferramenta de planeamento de segurança colaborativa [48]. A utilização de tecnologias como o BIM pode resultar em vantagens na área da segurança, permitindo a arquitetos, engenheiros e construtores a visualização da construção e as suas condições, levando assim, a um possível reconhecimento dos possíveis perigos antes do início da construção [56].

- **Processo integrado**

A metodologia BIM é um modelo integrado, isto é, incorpora as diferentes especialidades. Aplicando o BIM, é possível promover a gestão da segurança e integrando-a com o planeamento da construção [57], visualizado a sequência das tarefas de construção, à medida que o projeto avança e conseguindo prevenir dos riscos antes da execução das tarefas. Implementando o BIM na segurança, é possível detetar automaticamente e eliminar perigos. Este método baseia-se no reconhecimento de um modelo de construção associado ao cronograma, tendo em conta que a obra muda diariamente, com as novas questões de segurança que vão emergindo (e outras removidas), à medida que o projeto avança [12].

- **Gestão de projeto**

O BIM pode melhorar a gestão do fluxo de trabalho através do envolvimento e colaboração de diferentes intervenientes do projeto de construção. Através deste modo de coordenação, é possível um melhor controlo dos processos de construção e de recursos humanos, gerindo eficientemente quais os recursos e quando serão necessários para completar as tarefas de trabalho. É ainda útil na gestão dos recursos materiais, através de estimativas sobre a aquisição de materiais [58].

- **Visualização**

As ferramentas BIM permitem uma visualização 3D, e possibilita a representação efetiva da sequência das tarefas e das circunstâncias em que estas decorrem. O BIM ajuda na identificação, avaliação e tratamento automáticos de riscos de segurança da construção durante a fase de projeto [59].

Esta vantagem permite uma melhor compreensão das condições de toda a obra e assim elucidar quanto às questões de segurança e saúde à medida que o trabalho progride [60]. As simulações 3D e 4D, podem ser usadas para identificar riscos e comunicar o plano de segurança aos trabalhadores [48]. Apoia a comunicação da segurança em várias situações, nomeadamente em informar os colaboradores das medidas de segurança e alertar sobre os riscos [55]. Uma simples e clara visualização permite uma melhor divulgação do plano de segurança e saúde aos trabalhadores. Resultados indicam que as ferramentas dinâmicas 3D/4D são mais eficazes no planeamento e gestão de segurança em comparação com os desenhos estáticos 2D, porque simulam de perto as condições reais do local de trabalho [48]. Estes modelos, visualmente acessíveis, permitem um debate entre todos os intervenientes do projeto, desde projetistas a trabalhadores. Com este diálogo podem prever-se possíveis perigos e desenvolver planos específicos de segurança.

- **Investigação**

Os modelos BIM também podem ser usados durante uma investigação de acidentes, para recriar a sequência de eventos e o cenário do incidente [48]. Através dos modelos e do cronograma da construção, é possível simular o acontecimento e avaliar as condições do mesmo, sendo que a visualização neste caso é fundamental. Um caso prático demonstra que, durante a investigação de um incidente, foi usado o *Laser Scanning* para identificar as condições existentes no local, como localização de equipamentos; armazenamento de materiais; e posição do trabalhador, e com estes dados foi possível recriar o cenário existente

num modelo BIM [61]. Consta-se que o BIM possa ser usado durante estes procedimentos para economizar recursos.

O BIM é visto como um "catalisador" para os profissionais, pois permite melhorar e aumentar as preocupações da segurança e sua compreensão, tendo em conta o ambiente dinâmico do estaleiro e as condições das atividades de trabalho [60].

2.5.2. O BIM em coordenação de segurança em projeto e obra

No âmbito da Segurança, o principal passa pela prevenção em fase de projeto. Isto é, devem ser tidas em conta preocupações de segurança na elaboração dos projetos das diferentes especialidades com o objetivo de projetar para uma construção com o menor risco possível.

Com o uso do BIM é possível durante a fase projeto e planeamento da construção o técnico de segurança visualizar os riscos e perigos presentes no projeto [61]. É importante informar e explicar os projetistas que tipo de riscos os trabalhadores são sujeitos durante a construção do edifício, dando especial atenção à queda em altura.

O conteúdo da segurança normalmente é apresentado pelas entidades contratuais, através de uma série de documentos exigidos pelo contrato ao longo do ciclo de vida dos edifícios, conforme apresentado na Figura 5.

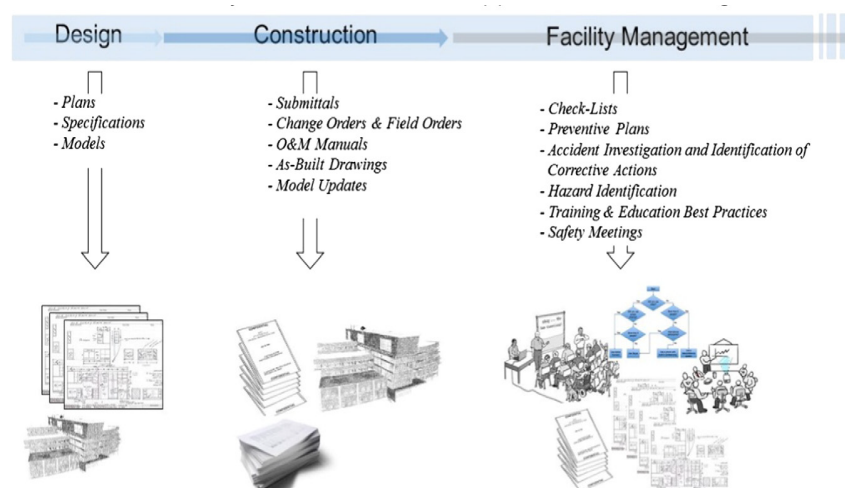


Figura 5: Representação da informação necessária no planeamento da segurança durante o ciclo de vida do edifício (projeto, construção e manutenção) [62]

Em Portugal os documentos no âmbito da segurança, equivalentes aos da Figura 5, exigidos por lei são o PSS em fase de projeto, PSS em fase de construção e a compilação técnica.

O modelo inclui desenhos, especificações e modelos 3D que fornecem informações como os projetos de arquitetura, estruturas, MEP e AVAC, desenvolvidos durante a fase de projeto e importantes em fase de construção e utilização. Uma compreensão consciente “causa e efeito” e do projeto subsequente em fases de pré-construção é conhecida como prevenção através do *design* (PtD) ou design para segurança (DfS). O uso do PtD/DfS é uma ferramenta poderosa para melhorar mitigação de acidentes em a fase de construção e manutenção [62].

Nos últimos anos, e devido à ampla adoção do BIM, diferentes ferramentas foram disponibilizadas para apoiar os projetistas nas fases de "*Design for Safety*" e "*Prevention Through Design*" [63]. O "*Design for Safety*" (DfS) foi considerado uma abordagem eficaz, no sentido de melhorar o desempenho da segurança da construção através da tomada de decisão de problemas de segurança durante a fase projeto [64]. A metodologia tem como base identificar automaticamente possíveis problemas de segurança resultantes da conceção do projeto, integrando BIM com regras de segurança, definidas com base em regulamentos. É uma abordagem integrada, entre o projeto de regras de segurança, em BIM, desenvolvida para implementar a identificar automaticamente de problemas de segurança [64]. As ferramentas disponíveis podem ser categorizadas em quatro tipos: reconhecimento de perigo, avaliação de risco, medidas preventivas e visualização [63]. O BIM facilita a colaboração precoce entre arquitetos/engenheiros e construtores, através de listas automatizadas através de códigos baseadas em regras de informações de segurança [65]. Com base neste conceito, foi desendivido um protótipo de sistema de verificação de segurança de construção por Qi, Issa, Hinze e Olbina [66]. A ferramenta pode ser usada como um pacote de *software* de verificação do modelo, na avaliação da segurança na construção durante a fase de projeto [66]. Resultados indicam que a associação do BIM na prevenção é útil sendo uma ferramenta de colaboração para arquitetos, projetistas, coordenadores de segurança e outros participantes do projeto [67]. Esta ferramenta verifica automaticamente os riscos de queda num modelo BIM e fornece alternativas de projeto [48]. Assim as questões de segurança, que inconscientemente são incorporadas no cronograma de construção, podem ser automaticamente identificadas no início da fase de planeamento de um projeto [57].

2.5.3. O BIM e a formação

O uso do *Building Information Modelling* (BIM) na segurança em fase de construção, tem o potencial de aumentar a compreensão dos trabalhadores dos riscos e, ao fazê-lo, reduzir a probabilidade de acidentes [60].

Com uma crescente complexidade e fragmentação de especialistas num projeto de construção, a maioria dos desenhos não fornece informações satisfatórias e não é suficientemente específico para as tarefas especializadas [47].

Muitos dos acidentes sucedem nas instalações e com os equipamentos da construção, e a formação da segurança é considerado por muitos como uma das melhores abordagens para sua prevenção [52]. O BIM vem revolucionar a Segurança na construção na área de formação aos trabalhadores. De entre todas as características do BIM, a sua simples e clara visualização é a característica mais relevante na área da prevenção.

Os construtores podem usar os modelos BIM para simulações, sendo possível identificar riscos e comunicar planos de mitigação aos trabalhadores [48]. Com o uso das tecnologias BIM, é possível simular virtualmente as condições reais de todas as fases da obra. Com esta valência é ainda possível representar explicitamente as circunstâncias de cada trabalho, avaliando os possíveis riscos e adotar medidas preventivas. Esta abordagem cria uma ferramenta de comunicação muito boa entre coordenadores e trabalhadores da construção civil [47]. Neste tipo de ambiente consegue-se também simular práticas inseguras, possibilitando aos formandos uma análise, sem colocar os colocar em perigo [68].

A integração da segurança com o BIM, é possível transmitir vídeos pedagógicos na área da segurança aos trabalhadores da construção civil. O uso de um modelo BIM para a instrução da segurança cria uma ferramenta visual, permitindo que os trabalhadores em obra compreendam as condições reais do projeto [48].

2.5.4. O BIM e a gestão de estaleiros

Uma das principais problemáticas na construção é a ineficaz gestão dos estaleiros. Para o sucesso de um projeto, em todas as suas vertentes, é necessária uma gestão otimizada do estaleiro.

O planeamento do estaleiro é uma tarefa fulcral para a gestão de espaços, materiais, recursos humanos, tarefas e sobretudo para que estas se decorram em segurança. Este planeamento muitas vezes é realizado incorretamente, nos locais de construção e de modo improvisado, com o intuito de obter a melhor solução de instalações temporárias, minimizando as distâncias de transporte de equipamentos e recursos humanos [53], porém este modo de atuação não tem em conta os métodos de prevenção. Os projetos de construção exigem um grande número de instalações temporárias, tais como áreas de armazenamento de materiais, zonas de produção e preparação, a fim de apoiar as várias atividades de construção. Contudo, quando assim é realizado, acaba por não cumprir os requisitos de segurança. Tradicionalmente, essas instalações são montadas em áreas desocupadas, dentro dos limites da obra. Nessas situações, o objetivo do planeamento do estaleiro é determinar a melhor disposição das instalações temporárias de modo que as distâncias sejam minimizadas [53].

O processo de planeamento de estaleiros é considerado tedioso e requer muita atenção. A instalação e o desmantelamento dos estaleiros geralmente não estão claramente delineados nos desenhos. Sendo esta uma das atividades de alto risco desvalorizada pelos projetistas que normalmente ignoraram as considerações de segurança na construção deste, o resultado é uma elevada exposição a riscos [69]. Conclui-se que o planeamento do estaleiro, incluindo os aspetos de segurança e logística, é praticamente ignorado. A solução pela prática passa pela apresentação da gestão do estaleiro baseado em BIM [55]. A visualização 3D do estaleiro evita a tomada de decisões precipitadas relativas a uma determinada situação, impedindo a ocorrência de erros e aumentando a segurança nos estaleiros [70].

Na metodologia BIM é a informação que domina. Sendo assim, é possível simular as várias localizações do estaleiro, tendo em conta todos os aspetos fundamentais para a otimização do mesmo. Recorrendo a um modelo BIM dispomos da área livre para a implementação do estaleiro, tornando possível simular as várias disposições de materiais e equipamentos. É possível a simulação dos caminhos de circulação de equipamentos e pessoas, prevendo riscos e garantindo a segurança. Com toda esta informação, é possível definir a melhor solução de implantação de estaleiro evitando problemas de acessibilidade, segurança e congestionamento.

Os modelos de estaleiro dividem-se em duas categorias: estáticos, que assumem que todas as instalações são montadas no início e existem em toda a duração da construção, e dinâmicos, que consideram a duração real para a qual as instalações são necessárias [53]. Os modelos de estaleiro dinâmicos são vantajosos relativamente aos modelos estáticos na elaboração de

planos de estaleiros otimizados, pois consideram os requisitos do local em que está implantado, alterações e modos de reutilização do espaço [53]. O bom planeamento de qualquer projeto é crucial para o desenvolvimento do mesmo, nomeadamente em obras de elevada envergadura e complexidade, o BIM apresenta-se como essencial na gestão dos estaleiros [70].

2.5.5. O BIM e a proteção coletiva

Relativamente aos equipamentos de proteção coletiva o BIM ajuda na identificação de riscos, sendo uma mais-valia para a adoção de medidas preventivas. Podem ser geradas simulações 4D, centradas nos procedimentos de segurança, mostrando os elementos de segurança temporários e as áreas de preocupação ao longo da duração de um projeto.

Os especialistas de segurança e saúde podem usar simulações tridimensionais, geradas a partir dos modelos BIM, que simulam o desenvolvimento da tarefa com os equipamentos de proteção coletiva. A utilização de uma plataforma de verificação de segurança automática, permite informar os intervenientes da construção, onde, quando e quais devem ser implementadas medidas de segurança para prevenir acidentes relacionados com quedas antes do início da construção [12].

Por exemplo, no caso de trabalhos onde existe o risco de queda em altura, os modelos BIM podem ser usados para identificar locais de pontos de fixação de proteção contra quedas de trabalhadores e, como resultado, pontos de ancoragem permanentes podem ser incluídos no projeto [48]. Integrar a segurança no BIM é um método eficaz e prático de detetar e eliminar perigos relacionados com a queda [12].

A utilização da tecnologia 4D-BIM permite obter planos mais elucidativos do estaleiro e de segurança, gerando métodos de gestão e visualização atualizados da obra [55]. O uso de ferramentas de informação e comunicação tem sido um fator-chave na indústria da AEC nas últimas décadas. O BIM é a tecnologia mais promissora, devido à sua capacidade e versatilidade, o que permite o seu uso em diferentes áreas da indústria AEC, particularmente no planeamento da segurança [71]. A automatização através do BIM é a chave para aumentar a eficácia e a eficiência da gestão da segurança [72], contribuindo para o sucesso da gestão da segurança no setor da construção civil [67].

3. APRESENTAÇÃO DO CASO DE ESTUDO E MODELAÇÃO GERAL

O capítulo que se segue, apresenta o caso de estudo escolhido para a metodologia desenvolvida na dissertação. Inicia-se com enquadramento do edifício ao nível da construção em Portugal, e de seguida é realizada uma breve análise ao edifício, considerando as suas características e os trabalhos previstos. Por fim são apresentados os princípios de modelação e a modelação geral do edifício.

3.1. Caso de estudo

Em Portugal, assiste-se ao crescimento do número de intervenções em edifícios inseridos em zonas protegidas, através de iniciativas privadas e isoladas, que estão enquadradas em operações de requalificação [73]. O projeto do caso de estudo enquadra-se no panorama da reabilitação urbana. É necessário considerar que o facto de ser um edifício antigo, pode levar a que os registos do mesmo possam não ser confiáveis, comprometendo assim a segurança da reabilitação e manutenção deste edifício [74]. Tratando-se de um edifício de reabilitação é necessário considerar a idade e o histórico da infraestrutura no desenvolvimento do projeto. É essencial estudar todas as características do edifício, conhecendo todos os seus pormenores, de modo a que a fase de construção e manutenção decorram sem incidentes.

3.1.1. Vila Mouzinho

O caso em estudo refere-se à obra de reabilitação de um edifício no centro histórico do Porto, cedido pela **Xispoli - Engenharia, Lda**, empresa responsável pela coordenação da segurança, tanto na fase de projeto como na de obra, sendo o desenvolvimento do plano de segurança e saúde do mesmo, uma das principais tarefas.

As empresas das diversas especialidades (arquitetura, engenharia, construção, coordenação de segurança e fiscalização) envolvidas na atividade de reabilitação do edifício em análise estão apresentadas na seguinte Tabela 7:

Tabela 7: Apresentação das empresas envolvidas no caso de estudo

| Especialidade | Entidade responsável |
|--------------------------|---|
| Arquitetura | Arquitetura- InDetails |
| Engenharia | Engenharia- ASL & Associados |
| Construção | Sciup- Sociedade De Construções Imobiliárias Unipessoal Lda |
| Coordenação de Segurança | Xispoli - Engenharia, Lda |
| Fiscalização | Xispoli – Engenharia, Lda |

3.1.2. Características gerais do edifício

O caso de estudo refere-se a uma obra de remodelação de um edifício de habitação multifamiliar e de serviços, localizado na Rua Mouzinho da Silveira, nº 216, 218 e 220, 4050-417, Porto. Na Figura 6 é apresentado o mesmo e cujo Dono de Obra é 4BnL Investimentos, S.A.



Figura 6: Edifício e envolvente do caso de estudo em análise

Esta obra destina-se à remodelação e reconstrução de um edifício devoluto, criando espaço ao nível dos pisos inferiores destinado a comércio de restauração e de habitação nos superiores.

O edifício é composto por 5 pisos, um deles no nível -1, seguido de um piso ao nível térreo do arruamento e os restantes 3 pisos superiores. Sendo que existe uma mezzanine no primeiro andar (piso 1), e de igual modo no terceiro andar (piso 3).

O piso -1, representado na Figura 7, é dedicado à restauração, onde estão presentes as divisões de apoio tais como: cozinha, armazém e WC.

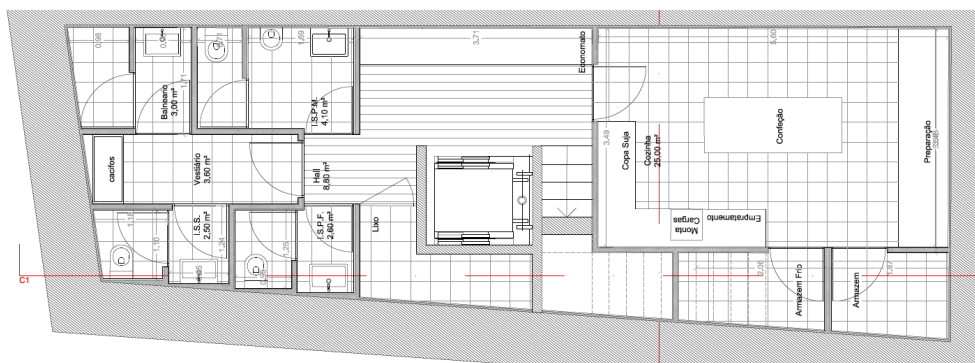


Figura 7: Planta do Piso -1 - Vila Mouzinho

No piso 0, ilustrado na Figura 8, está presente um *hall* de entrada com escadas e elevadores para os pisos superiores bem como a área de restauração referente à sala de refeições com a distribuição das mesas.

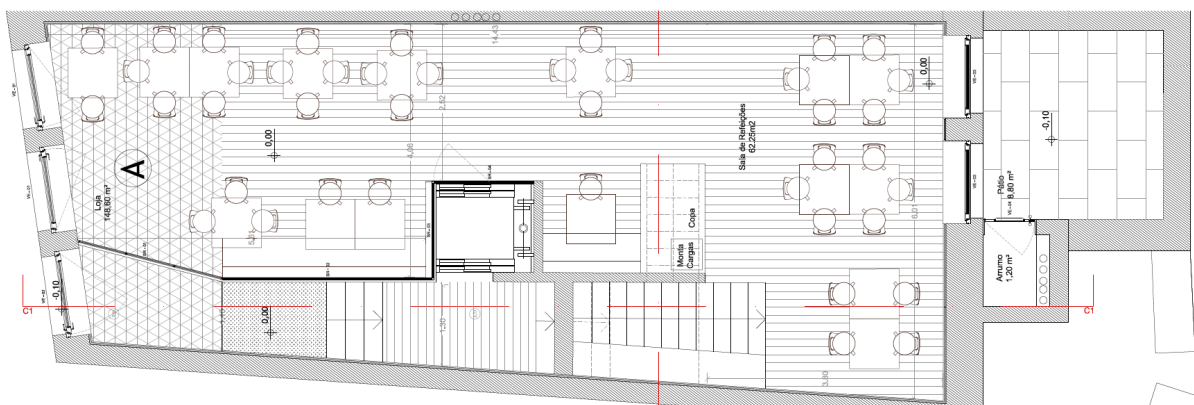


Figura 8: Planta do Piso 0 - Vila Mouzinho

O piso 1, retratado na Figura 9, é composto por duas frações do tipo T0, com divisões de sala/cozinha, quarto, WC e varanda. Orientado para a rua Mouzinho da Silveira está um T0 com uma área de 40,50 m², sendo o outro dirigido às traseiras (beneficia lavandaria) com uma área de 29,90 m² e o quarto situado numa mezzanine de área 10,30 m².



Figura 9: Planta do Piso 1 e Mezzanine - Vila Mouzinho

Piso 2, observado na Figura 10, contém duas divisões do tipo T0, com divisões de sala/cozinha, quarto, WC e varanda. Estes tem as mesmas orientações do piso 1, um dos apartamentos T0 tem uma área de 40,50 m², e outro, dirigido às traseiras (beneficia de lavandaria), e tem uma área de 29,90 m².

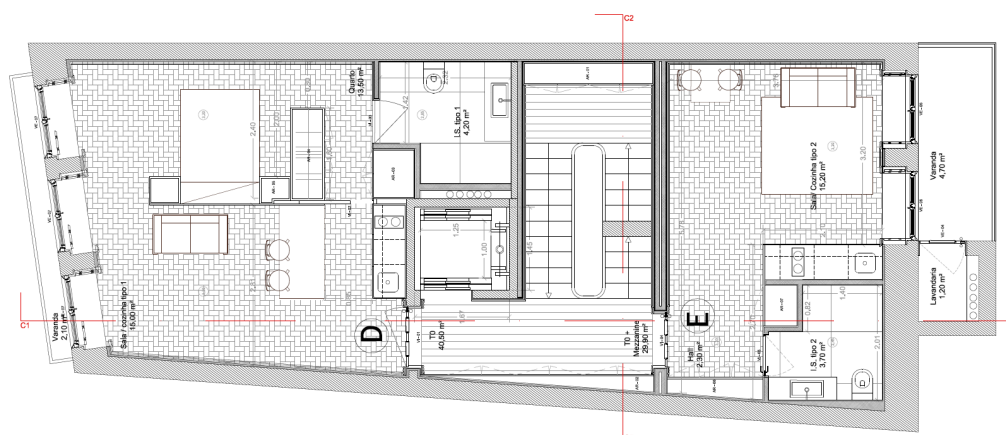


Figura 10: Planta do Piso 2 - Vila Mouzinho

Piso 3, apresentado na Figura 11, tem duas divisões do tipo T0, com divisões de sala/cozinha, quarto, WC e varanda.

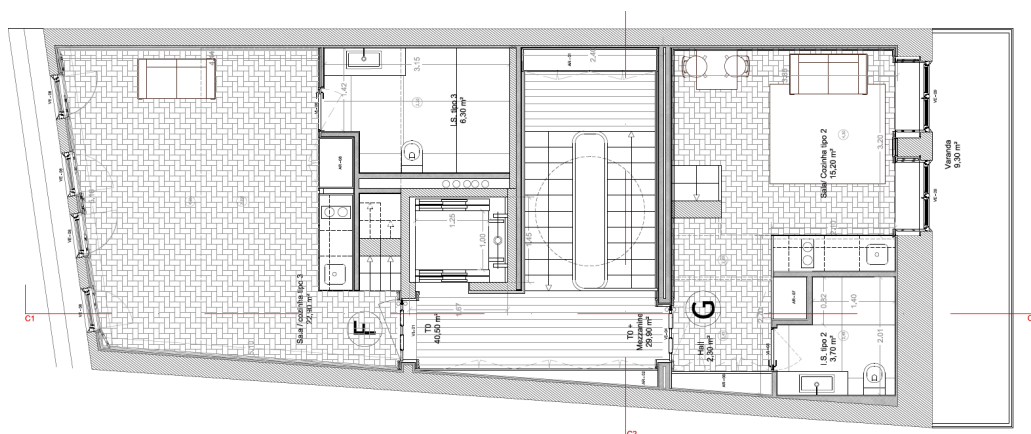


Figura 11: Planta do piso 3 - Vila Mouzinho

Seguindo as mesmas orientações do piso 1, um dos apartamentos T0 com uma área de 40,50 m², estando o quarto numa mezzanine de área 15,90 m², apresentado na Figura 12, o outro, dirigido às traseiras (beneficia lavandaria) e tem uma área de 29.90 m², apresenta uma mezzanine com o quarto e área de 10.30 m².

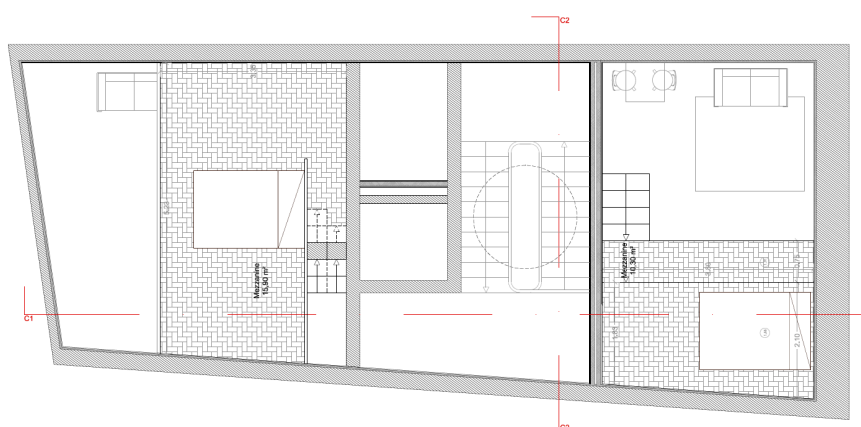


Figura 12: Planta da Mezzanine Piso 3 - Vila Mouzinho

3.1.2.1. Envolvente

A cidade do Porto foi destacada como o melhor destino Europeu no presente ano de 2017, o que conduziu a uma elevada afluência de turistas. Devido às necessidades de hotelaria, o centro do Porto tornou-se um epicentro de reabilitação urbana. É de realçar que a zona na qual a construção do edifício em estudo está inserida, na baixa do Porto, encontra-se numa fase de densa de reabilitação do edificado histórico.

Tendo em conta que o edifício se situa no centro histórico do Porto, é necessário ter em consideração os impactos que a sua reabilitação irá causar no normal funcionamento da zona.

A localização do prédio causa dificuldades, devido à inexistência de zonas de estaleiro, complexos acessos à obra e perturbações nos trabalhos de cargas e descargas.

O edifício insere-se numa zona caracterizada por um elevado trânsito de pessoas e veículos.

O prédio não possui área para a implementação de um estaleiro, assim sendo é necessário encontrar uma alternativa. Toda a área envolvente é caracterizada pela existência de uma elevada densidade de edifícios, não existindo terrenos disponíveis para a implementação de um estaleiro. Sendo assim, a alternativa passa por ocupar parte do passeio (para a implementação de andaimes, pequeno estaleiro e vedação), como mostra a Figura 13.



Figura 13: Fotografia do estaleiro implementado em obra

Uma vez que o passeio é destinado à circulação de peões, é necessária uma especial atenção, sendo importante ponderar o horário de cargas e descargas de material, prevendo as alturas do dia com menor trânsito de veículos e peões na envolvente.

A área de reabilitação urbana, requer inúmeros cuidados e uma especial atenção por tratar prédios devolutos que pertencem ao património histórico, tornando a obra complexa.

3.1.2.2. Trabalhos afetos à obra

Através do acompanhamento da obra, foi possível observar o decorrer dos trabalhos previstos no caderno de encargos, examinar os processos de construção e avaliar as medidas de prevenção implementadas. Alguns trabalhos foram desenvolvidos por entidades subcontratadas, que devem cumprir o PSS desenvolvido pelo coordenador de segurança, e que se comprometeram a executar no contrato estabelecido entre estes o empreiteiro. Na presente construção estão previstos os seguintes trabalhos:

- **Demolições / remoções**

Demolições de elementos não estruturais de divisões e cobertura. A Figura 14 apresenta alguns dos resíduos provocados pelas demolições previstas.

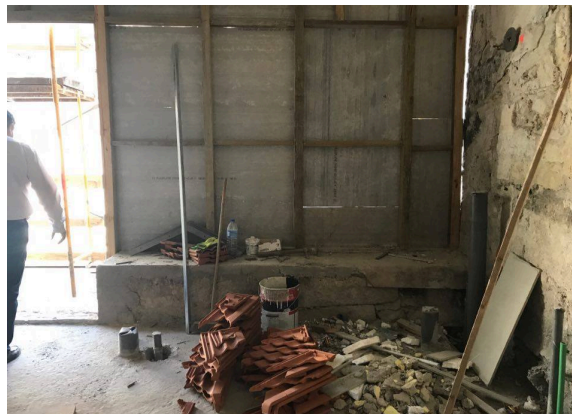


Figura 14: Fotografia dos resíduos de demolições executados em obra

- **Cofragem e betonagem**

Na Figura 15 estão presentes alguns dos equipamentos usados para a produção de betão. A betonagem dos elementos estruturais já tinha sido realizada à data da visita à obra.



Figura 15: Fotografia da conceção do betão para a betonagens de alguns elementos

- **Trabalhos de execução de esgotos**

A rede de esgotos foi instalada através da abertura de roços nas paredes e nos pavimentos para montagem das tubagens, das caixas de reunião e tubos coletores. A Figura 16 exemplifica parte da rede de esgotos instalada no piso 1.

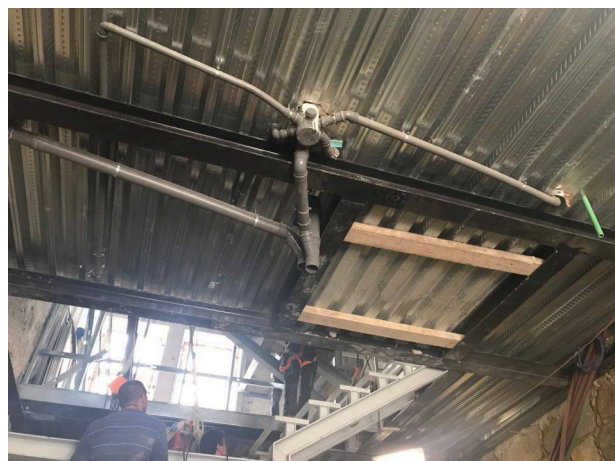


Figura 16: Fotografia de parte da rede de esgotos do piso 1

- **Execução de alvenarias**

A Figura 17 apresenta um elemento (parede divisória entre a zona de restauração e a zona de acesso aos pisos superiores) de alvenaria executado em obra, no rés-do-chão do edifício em análise.



Figura 17: Fotografia de alvenaria executada em obra

- **Serralharia**

A execução de serralharias foi um dos trabalhos com mais relevo. Este trabalho foi executado por uma entidade própria, não pertencente à construtora responsável pela obra. Este trabalho é de especial cuidado por se tratar de elementos pré-fabricados e instalados no local, que requerem muita organização tanto quanto ao seu armazenamento como à sua movimentação, importante dar especial atenção na etapa montagem em altura. A Figura 18 apresenta um trabalhador a executar a montagem das escadas de serralharia.

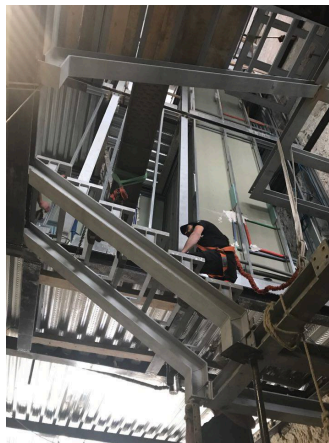


Figura 18: Fotografia de um trabalhador a executar trabalhos de serralharia

- **Gessos cartonados**

A aplicação dos gessos cartonados é também uma atividade com alguma relevância. É realizada por uma equipa própria e exterior à empresa responsável pela construção. A sua aplicação dá-se em todos os pisos do edifício, requerendo atenção quanto ao manuseamento dos painéis de gesso cartonado. A Figura 19 apresenta os painéis de gesso cartonado aplicados no piso 2.



Figura 19: Fotografia dos painéis de Gesso Cartonado aplicados no piso 2

Estão ainda previstos trabalhos que ainda não tinham sido realizados à data da avaliação do edifício, dos quais se destaca:

- **Execução de revestimentos e pinturas**
- **Pichelarias**
- **Instalações elétricas**
- **Instalações AVAC**
- **Execução de impermeabilizações**
- **Carpintaria**
- **Cantarias**
- **Colocação de envidraçados**
- **Limpeza**

3.2. Programa de modelação

Para a elaboração da modelação recorreu-se ao programa *Autodesk Revit 2017*. A escolha do programa fundamentou-se na experiência, conhecimento e domínio prévio do programa.

Autodesk Revit é um *software* de modelação BIM de suporte a projetos de engenharia e arquitetura, durante as fases de projeto, construção e manutenção. As suas ferramentas potentes, permitem que utilize o processo inteligente baseado em modelos para planear, projetar, construir e gerir edifícios e infraestruturas [75].

O programa *Autodesk Revit*, como outros *softwares* da ferramenta BIM, tem inúmeras vantagens das quais se destacando-se a visualização do modelo em 3D e a parametrização dos elementos do modelo. Isto é, permitem a simulação do edifício em três dimensões e a introdução ou alteração de informação essencial referente a cada elemento construtivo ou a partes do desenho, que são automaticamente atualizadas em todo projeto [76].

Conciliar a visualização 3D do projeto de construção com as informações paramétricas, torna o programa fundamental para reforçar e garantir a eficiência e qualidade da construção.

A versão usada dispõe de diversos *templates*, que podem ser utilizados para modelação das diferentes áreas da indústria AEC, nomeadamente arquitetura, estruturas, MEP e construções.

O *Autodesk Revit* tem como extensão dos ficheiros .rvt, extensão que pode ser trocada entre diversos operadores e é compatível com a maioria dos *softwares* da *Softwarehouse Autodesk*.

No entanto a extensão universal do BIM é o IFC, compatível com todos os programas que dominam metodologia BIM. O *Revit* facilita o trabalho numa equipa de várias pessoas, permitindo importar, exportar e ligar os seus dados aos formatos mais utilizados [75]. O paradigma do IFC representa de forma muito próxima o modelo colaborativo.

Os componentes paramétricos usados no modelo têm o formato do ficheiro .rfa, isto é, são uma família do *Revit*. Uma família é um grupo de elementos, com um conjunto de propriedades comuns, chamadas de parâmetros com representação gráfica [77]. Estes componentes paramétricos são a grande característica do BIM, pois é através deles que é possível construir um modelo com característica e informações reais da construção.

As famílias usadas na modelação do caso de estudo são provenientes tanto de bibliotecas do *software Autodesk Revit*, como de diversas bibliotecas de famílias online, sendo algumas adaptadas dessas mesmas fontes para o desenvolvimento do modelo.

A versão *Autodesk Revit* e das famílias usadas são de licença estudante concedida pela *Autodesk*.

3.3. Modelação geral do edifício

O caso de estudo em análise consiste num edifício em reabilitação. Esta particularidade conduz a dificuldades e desafios na modelação do edifício. A criação de modelo BIM no contexto da reabilitação apresenta obstáculos nomeadamente ao nível da falta de informação acerca de projetos, necessidade de métodos sofisticados de levantamento das características do edifício. Mesmo recorrendo a métodos avançados de reconhecimento de superfícies, as dificuldades persistem ao nível da identificação de elementos de geometria irregular e complexa bem como de elementos incorporados nas próprias superfícies (por exemplo tubagens) ou ainda na modelação de elementos construtivos não existentes em plataformas BIM [78]. Tendo em conta os métodos disponíveis para a modelação BIM do edifício, que são as plantas dos vários projetos e a observação presencial do edifício, estabeleceu-se um método de trabalho que passa por definir os princípios de modelação e os procedimentos de pré-modelação e de modelação.

3.3.1. Princípios gerais de modelação

Os princípios de modelação no presente caso em estudo passaram por necessidades exigidas no modelo para a elaboração da dissertação.

Tendo em conta que o principal objetivo da dissertação é a comparação dos modelos de plano de segurança e saúde em dois formatos, método tradicional e metodologia BIM, em que estes são aplicados, durante a fase de construção para a avaliação dos mesmos, é necessário incluir todas as informações referentes à obra em fase de construção.

Sendo assim, as preocupações passam pela modelação seguintes elementos:

- Paredes de fachada exteriores;
- Lajes;
- Paredes interiores;
- Portas e janelas;
- Envolvente do edifício;
- Componentes necessários para a realização da construção;
- Elementos de segurança e sinalização.

3.3.2. Sistema de classificação

Para que o modelo utilize todas as potencialidades do BIM, é necessário que os elementos constituintes do modelo estejam classificados segundo um sistema de classificação BIM.

Assim, surgem os sistemas de classificação como metodologias que promovem a organização e padronização da informação. A classificação permite estabelecer termos, métodos e conceitos, isto é, sistemas de linguagem, que permitem aos profissionais catalogar os dados em categorias homogéneas [79].

A aplicação dos sistemas de classificação difere entre países, e mesmo dentro do mesmo país podem existir diferentes sistemas dentro indústria da construção. As normas internacionais foram criadas para apoiar os esforços de cooperação entre e dentro de diferentes países. *International Organization for Standardization* (ISO) é uma organização não-governamental independente e a maior desenvolvedora mundial de normas internacionais voluntárias [80].

Foi realizada uma breve análise aos diversos sistemas de classificação a fim de encontrar um sistema que incluía elementos de prevenção. De entre os diversos sistemas de classificação, foi utilizado na modelação do edifício a *OMNICLASS Construction Classification System* (OCCS) ou *Omniclass*. Neste sentido considerou-se que este sistema é o mais adequado, sendo que também é um sistema presente na base de dados do *Revit*. A classificação dos objetos foi realizada segundo a OCCS (Tabela 23) [81], referente a produtos utilizados na construção.

3.3.3. Procedimentos de pré-modelação

Com o intuito de obter uma modelação o mais precisa possível definiram-se os princípios de pré-modelação, descritos na Figura 20.

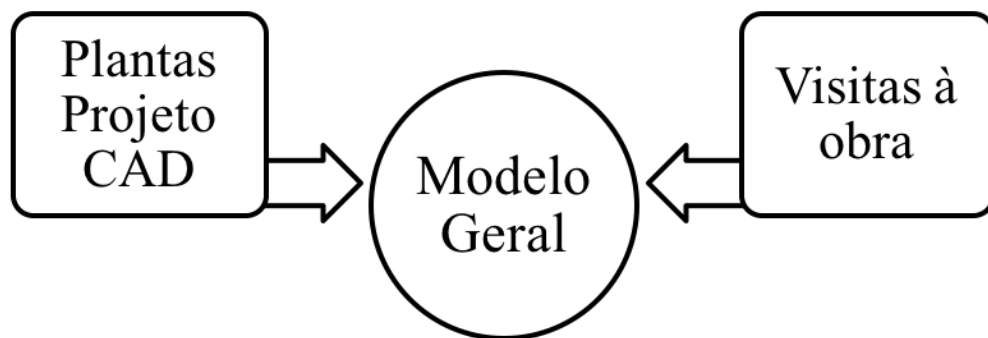


Figura 20: Esquema do procedimento de pré-modelação

A modelação do caso de estudo em análise seguiu um método baseado em plantas formato *AutoCAD* cedidas pela **Xispoli - Engenharia, Lda** e visitas de acompanhamento à obra, com o intuito de clarificar dúvidas decorrentes das plantas e de materiais aplicados.

3.3.3.1. Plantas do projeto

Numa primeira aproximação, foi feita uma análise das plantas 2D com o intuito de idealizar edifício. As plantas pertencem aos projetos das diversas especialidades, contudo as que mereceram mais dedicação competiam à especialidade de arquitetura, pois são as de maior interesse para a modelação geral, porém as de estruturas também se revelaram condicionantes, devido a inconsistências entre ambas.

3.3.3.2. Visitas à obra

Para a correta modelação do edifício foi necessário a realização de vistas à obra, devido às inconsistências nos projetos das diferentes especialidades. A elaboração de projetos sem a avaliação dos conflitos entre as várias especialidades, torna o projeto de má qualidade. Refere-se que nestes casos a correta modelação só é possível devido ao avanço em que a obra já se encontra, sendo possível realizar visitas e esclarecer dúvidas. Nas visitas foi possível fotografar pormenores, representado nas Figura 21 .

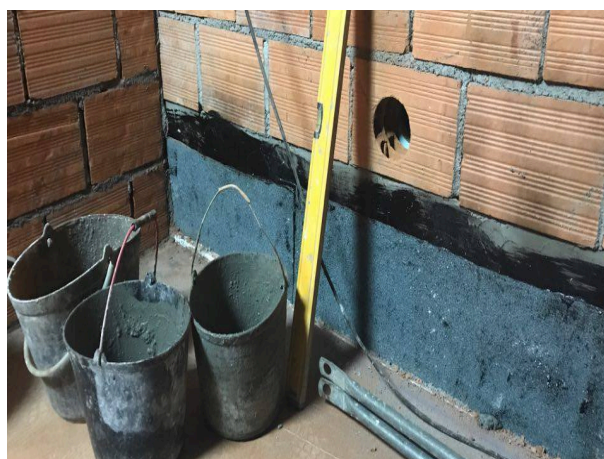


Figura 21: Fotografia de um pormenor construtivo do edifício em análise

As visitas foram realizadas durante as fases de pré-modelação e de modelação, em circunstâncias ideais para o esclarecimento de dúvidas, consequentes da interpretação das plantas. É de notar que este processo é excecional, por o projeto já se encontrar em fase de construção, pois só nestas circunstâncias foi possível conhecer os materiais exatos aplicados em obra, podendo então realizar uma íntegra e real modelação do edifício. Reafirma-se que é importante a execução de projetos com rigor e a compatibilidade entre as várias especialidades. Uma solução seria a elaboração dos vários projetos através da metodologia BIM, evitando assim os erros e omissões.

3.3.4. Procedimentos de modelação

Após a análise dos projetos e das vistas à obra, iniciou-se a modelação adotando uma linha de processos baseados na estratégia apresentada no Figura 22:

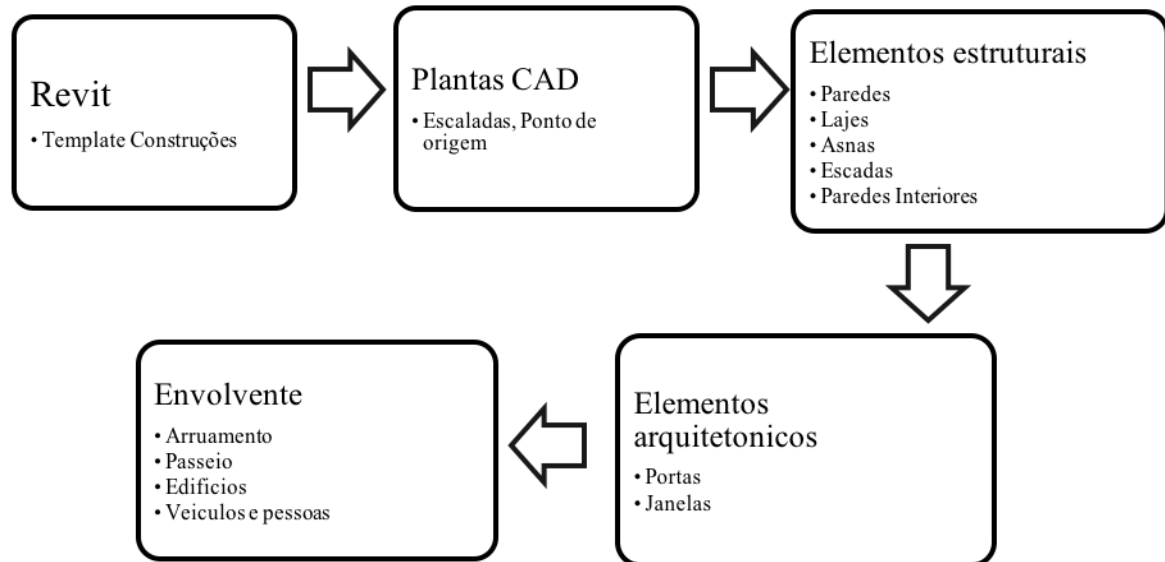


Figura 22: Estratégia adotada para a modelação

Iniciou-se o trabalho no programa de modelação, utilizando o *template* de construção, começou-se por definindo os níveis de trabalho, tendo em conta as alturas entre pisos analisadas nas plantas fornecidas.

Posteriormente, inseriam-se as plantas *AutoCAD*, nos respetivos níveis do projeto e à mesma escala.

Depois de inseridas as plantas, começou-se a trabalhar nos principais elementos estruturais definidos como essenciais. Seguidamente foram criados os diferentes objetos paramétricos, com as características existentes neste edifício em particular. Estes objetos incluem toda informação desde: dimensões exatas, materiais e respetivas camadas, características físicas e aparência. Na Tabela 8 estão representados alguns dos objetos de família existentes no Revit, os quais foram duplicados e editados para cumprir as características do projeto. No entanto, em determinados elementos houve a necessidade de recorrer a bibliotecas *online*, e em certos casos ainda executar alterações.



Tabela 8: Tabela resumo dos principais elementos de modelação especial

| Elemento | Material | Imagem |
|---|---|--|
| <p>Paredes Exteriores</p> <p>Dimensões exatas dos elementos existentes em obra</p> | <p>Pedra</p> <p>Conceção de um material com as características físicas da pedra</p> |  |
| <p>Lajes</p> <p>Dimensões e camadas presentes no projeto</p> | <p>Betão</p> <p>Uso do material específico com as características físicas do betão usado no projeto</p> |  |
| <p>Paredes interiores</p> | <p>Tijolo + reboco</p> <p>Conceção de paredes compostas, incluído todas os componentes.</p> <p>Gesso cartonado</p> <p>Aplicação das paredes de gesso cartonado com os vários constituintes.</p> |  |
| <p>Asnas de cobertura</p> | <p>Madeira</p> <p>Integração de um objeto disponível <i>online</i>, com as características das asnas usados no projeto</p> |  |
| <p>Escadas (Piso -1)</p> | <p>Betão armado</p> <p>Execução das escadas previstas no projeto com o material específico e as características físicas do betão previsto.</p> |  |

Depois de inseridos os elementos estruturais, passou-se à introdução dos elementos de arquitetura como portas e janelas.

Um aspeto que dificultou esta tarefa foi o facto de o edifício ser de reabilitação, sendo que estes elementos cumprem uns princípios de caris históricos. Como tal, para a obtenção de um modelo mais real, houve a necessidade de pesquisar famílias de objetos o mais semelhante possível. Após a pesquisa não foram encontrados todos os objetos com as características necessárias, assim optou-se pela alteração dos parâmetros ao nível das dimensões, do material e das características da moldura das portas e janelas, de modo a cumprir os aspetos especificados no projeto, obtendo assim o resultado evidenciando na Tabela 9.

Tabela 9: Tabela resumo dos principais objetos arquitetónicos de modelação especial

| Elemento | Material | Imagem |
|----------|---|--|
| Portas | Madeira |  |
| Piso 0 | Integração e adaptação dos objetos porta disponíveis, aplicando as características previstas em projeto | |
| Janelas | Madeira |  |
| | Inclusão e adaptação de objetos janelas disponíveis, aplicando as características previstas em projeto | |

Após a modelação dos elementos estruturais e arquitetónicos do edifício, realizou-se a modelação da envolvente da construção.

Optou-se por modelar o passeio, arruamento, parque de estacionamento, prédios da envolvente, carros, peões e peças de imobiliário pertencentes à envolvente como por exemplo as bocas de incêndio (hidrante).

O resultado final da modelação geral do edifício apresenta-se na Figura 23 com a representação do modelo 3D e a sua envolvente.



Figura 23: Modelo geral do edifício do caso de estudo em análise, integrando os elementos da envolvente

A Figura 24 representa a vista lateral em 3D do edifício e a Figura 25 apresenta o alçado principal.



Figura 24: Vista lateral do edifício



Figura 25: Alçado principal do edifício

Através do modelo geral é possível compreender com mais detalhe os pormenores do caso de estudo e de toda a sua envolvente. O BIM tem esta vantagem da simulação da realidade. Esta perceção torna-se muito vantajosa na área da prevenção, pois permite a antecipação.

Concluída então a modelação de todo o edifício e dos elementos essenciais à sua construção, procedeu-se para a modelação dos elementos de prevenção previsto no plano de segurança e saúde.

3.4. Principais dificuldades

Na realização da modelação do edifício não surgiram grandes dificuldades. A metodologia BIM já é familiar Universidade do Minho, conhecida através de uma unidade curricular e desenvolvida em varias vertentes. No entanto, tendo em conta as dificuldades apresentadas no manuseamento do *Revit*, realizou-se um curso de iniciação, através do IISBE Portugal no sentido de obter formação neste *software*.

Ao nível da modelação geral do edifício, as principais dificuldades residiram:

- i. na modelação de certos elementos, uma vez que muitos são antigos e o programa não os possui;
- ii. na conceção de materiais específicos no *Revit* que representassem os aplicados em obra;
- iii. na análise de algumas plantas das diversas especialidades, projetos ambíguos e com falta de informação, nomeadamente ao nível dos materiais.

De modo a solucionar a primeira dificuldade, foram exploradas bibliotecas *online* com as famílias de objetos pretendidos. Após a inserção destas famílias foi ainda necessário proceder a algumas alterações de modo a simularem os objetos presentes no projeto. Os elementos que necessitaram deste processo consistiam em seguintes: janelas, portas, escadas e asnas da cobertura.

A segunda dificuldade foi ultrapassada com a criação de novos materiais no *Revit*. Para a inserção dos materiais procedeu-se à investigação das características dos mesmos. Um dos aspetos fundamentais é o aspeto visual ser o mais idêntico possível ao real. Com esta característica todos os trabalhadores conseguem identificar facilmente qual o elemento e o respetivo material. Este ponto foi essencial para a introdução dos azulejos, pois estes possuem características muito específicas. A Figura 26 expõe o pormenor dos azulejos presentes no caso de estudo, verificando que foi possível uma modelação idêntica à realidade.

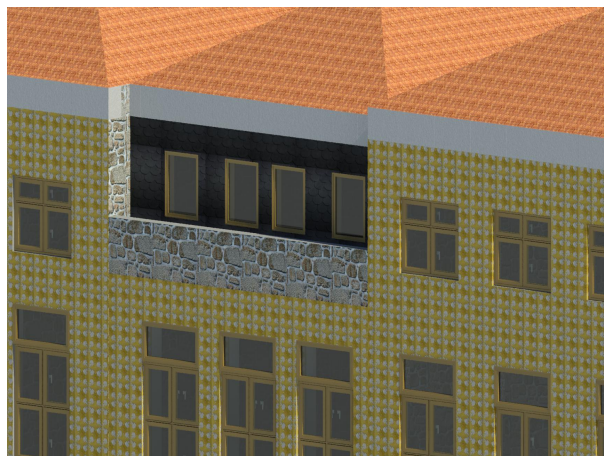


Figura 26: Pormenor dos azulejos

No sentido de resolver a dificuldade relacionada com a leitura das plantas dos projetos, foram cruciais as visitas à obra. Através destas visitas foi possível conhecer a estrutura e esclarecer dúvidas de projeto.

De modo geral, a modelação tornou-se um pouco trabalhosa, principalmente pelo cariz histórico do caso de estudo, no entanto sem grandes adversidades e conseguida com sucesso.

4. INTEGRAÇÃO DA PREVENÇÃO NA METODOLOGIA BIM

No presente capítulo é desenvolvida a integração da prevenção num modelo BIM, aplicado ao caso de estudo, através de planos específicos de segurança e a inclusão dos riscos e das medidas preventivas nos elementos construtivos.

4.1. Aplicação da prevenção no modelo geral do edifício

O principal objetivo da aplicação da prevenção num modelo BIM é a identificação antecipada de riscos e a implementação das respetivas medidas preventivas.

O estudo da inclusão da prevenção na modelação geral do edifício, é composto essencialmente por duas fases:

- I. A identificação dos riscos e modelação das medidas preventivas, implementando os elementos de proteção coletiva, apresentados através de planos específicos de segurança, no modelo geral do caso de estudo;
- II. Inclusão da informação relativa à prevenção, detalhando as medidas preventivas, consequentes do risco associadas à construção, segundo parâmetros em cada elemento construtivo.

De salientar que os equipamentos de proteção individuais (EPI's) dos trabalhadores também foram tomados em consideração no projeto, estando estes implícitos no modelo. Esta implementação cria um modelo de PSS integrado.

Realizou-se uma análise à construção evidenciada no caso em estudo, através da visualização dos projetos com a associação dos planos de trabalhos afetos à obra, o meio em que esta se insere e as principais dificuldades na segurança. Com a avaliação do caso de estudo, é possível concluir quais os riscos e perigos mais significativos, tomando por prioridade a minimização e eliminação dos mesmos.

Um dos principais propósitos do estudo é avaliação dos riscos mais severos e a implementação das medidas preventivas.

No caso de estudo em análise o risco mais evidente é a queda em altura, consequente de trabalhos em elevação, uma vez que o edifício tem 3 pisos em elevação. Assim sendo, este perigo é considerado o mais relevante, tornando-se fulcral combater e aplicar medidas preventivas.

Uma vez observada e apurada a principal preocupação do caso de estudo em análise, progride-se o estudo com a execução das etapas previstas inicialmente. A inclusão da prevenção no BIM permitirá a avaliação da metodologia no reconhecimento antecipado dos riscos, podendo tomar as devidas preocupações e assim agindo preventivamente.

Desta forma o estudo toma o rumo do faseamento já enunciado, organizado em duas fases com a seguinte descrição:

Fase I: A primeira fase consiste na identificação dos riscos e modelação das medidas preventivas, através da introdução dos elementos de proteção coletiva, aplicando-os nos pontos críticos, tendo em conta as tarefas mais perigosas.

O objetivo principal deste ponto é evidenciar os riscos mais gravosos e as respetivas medidas de prevenção, tendo como finalidade um fácil reconhecimento dos riscos e a adoção das respetivas medidas preventivas, com o intuito de os reduzir.

Considerando o caso de estudo em análise, optou-se por concentrar os esforços na modelação das medidas preventivas de segurança em três planos específicos habitualmente mais importantes no PSS. Optando-se por elaborar os seguintes planos:

- 1) Plano de estaleiro;
- 2) Plano de movimentação mecânica de cargas;
- 3) Plano de proteções coletivas.

Os planos escolhidos, baseiam-se na obrigatoriedade imposta pelo DL 273/2003 [2], nomeadamente ao nível do plano de estaleiro, incluído acessos, circulação e sinalização, o plano de movimentação mecânica de cargas, que no caso em análise se torna relevante devido ao risco de queda em altura de materiais e trabalhadores, principais medidas de proteção coletiva a adotar em obra, sendo necessário um plano de proteções coletivas, enfatizando com maior destaque as proteções necessárias devido ao risco mais refletido, a queda em altura.

Fase II: Na segunda fase é incluída a informação da prevenção nos elementos construtivos, através de parâmetros, integrando os riscos e medidas preventivas, optou-se por aplicar em elementos estratégicos, uma vez que é um processo em estudo.

A introdução da informação com as medidas preventivas dá origem a um novo conceito, o *BIMSafety*. Este novo conceito baseia-se na identificação antecipada, em fase de conceção de projeto onde atuamos na fase da modelação, dos riscos consequentes de construção de cada elemento e ainda medidas preventivas a serem implantadas em fase de construção [82]. O *BIMSafety* traduz-se assim numa visualização em três dimensões dos elementos construtivos, associando estes a um conjunto de informação paramétrica na qual se integram, em forma de texto, as relativas à área da prevenção na construção daquele elemento construtivo [83].

4.1.1. Modelação dos planos específicos de segurança

A modelação dos planos de segurança acima referidos passa pela introdução dos elementos de proteção coletiva afetos às atividades incluídas nos mesmos, bem como a devida sinalização dos perigos.

Com a modelação dos planos é possível visualizar e reconhecer a globalidade do projeto com mais facilidade, uma vez que é um modo de visualização simples. Através destes modelos é possível instruir os trabalhadores de novos métodos de trabalho, no sentido de os sensibilizar na cultura pela segurança.

4.1.1.1. Modelação do plano de estaleiro

A modelação do plano de estaleiro (PE) deve-se ao facto de ser um plano usualmente executado no PSS, além de ser uma obrigatoriedade imposta pelo DL 273/2003. Este plano torna-se deveras importante na organização e segurança do estaleiro e obra, relevante na coordenação de toda a disposição de materiais, produtos, equipamentos, circulações e acessos, sendo útil na produtividade da construção. A organização do estaleiro é um procedimento importante que influencia o desempenho das tarefas a este associado. Um bom planeamento permite uma redução de prazos e, consequentemente, de custos de obras [84].

Os atuais modelos de PE são caracterizados pela difícil compreensão devido ao modo como a informação é apresentada, em desenhos estáticos 2D e em listas de processos. Este modo de exposição, leva a que os planos não sejam devidamente aplicados, tornando o estaleiro desordenado e perigoso.

Uma vez que o caso de estudo em análise se trata de uma obra de reabilitação inserida no centro histórico do Porto, o espaço para a implantação de um estaleiro é quase inexistente. Sendo assim, a alternativa passou por recorrer a parte do passeio da rua na qual o edifício está inserido. Como mostra a Figura 27, na mesma zona onde está estabelecido o estaleiro, também se verifica a implantação das estruturas necessárias para a reabilitação das fachadas.

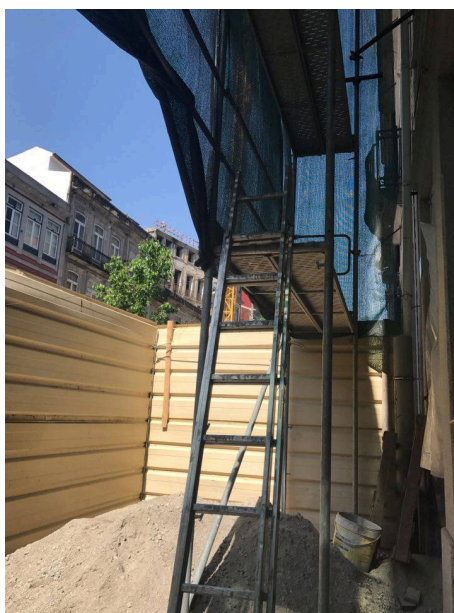


Figura 27: Fotografia do estaleiro implementado na obra e das estruturas de suporte à reabilitação das fachadas

A reabilitação das fachadas é uma das principais tarefas no caso em estudo. Esta atividade tem um risco elevado de queda em altura, sendo a preocupação fundamental para o estudo a minimização deste risco.

A organização do estaleiro é um aspeto de elevada importância. A sua disposição tem influência no adequado desenvolvimento da obra, uma vez que, neste caso específico, o estaleiro é de pequenas dimensões, tornando-se este um fator crucial no desenvolvimento do projeto. O estaleiro também delimita a área envolvente ao edifício, na qual estão previstas tarefas e movimentações de material em obra.

Um aspeto funcional das ferramentas de projeto do BIM na indústria da construção, e que é diferente das várias outras indústrias, é a necessidade de explicitamente se representar o espaço envolvente, dado o condicionalismo que este representa no ambiente de construção [37].

Para a modelação do PE procedeu-se à análise e seleção dos elementos de segurança e sinalização considerados necessários, tendo em conta o presente caso de estudo. O modelo de plano apresentado baseia-se no implementado em obra, ainda que com determinadas alterações, no sentido de otimização do plano implementado.

Com vista à sua melhor representação, elegeu-se como objetivo a inclusão dos seguintes elementos:

- a) Andaimés;
- b) Vedação do estaleiro;
- c) Porta de acesso ao estaleiro e edifício;
- d) Rede sombreada;
- e) Sinalização de obras;
- f) Quadro de informação de EPI necessários;
- g) Informação da empresa responsável.

Definidos os elementos essenciais para a modelação do plano em análise, prosseguiu-se à sua implementação no modelo geral do edifício.

a) Para a introdução dos andaimes optou-se por modelá-los, recorrendo a famílias de objetos, uma vez que não existem no *Revit* e não se encontrou em bibliotecas *online*. Para esta conceção usou-se o *Revit Family*, baseando-se em famílias pré-existentes, adaptando-se ao objeto pretendido.

Começou-se por desenhar os pilares redondos em metal com as dimensões adequadas, seguido das pranchas existentes nos andaimes com a espessura apropriada. Para que o modelo representasse a realidade, existiu a preocupação de atribuir a cada elemento o respetivo material, com as características físicas (nomeadamente o aspeto, fundamental para a perceção) associadas aos mesmos. Foram ainda introduzidas as escadas de acesso destinadas à circulação entre os andaimes dos diferentes pisos, como demonstra a Figura 28.



Figura 28: Andaimos modelados no Revit 2017, representando os usados em obra

b) Iniciou-se a modelação da vedação do estaleiro, baseada na existente em obra. Para a sua introdução foi necessário modela-la, à semelhança dos andaimes, aplicando o material para chapa com as dimensões reais.

Para que a aparência da chapa fosse mais realista, admitiu-se a necessidade de associar a imagem da chapa ao material. Para tal, procedeu-se à criação do material no *Revit* com as respetivas características. Na Figura 29 encontra-se ilustrada a vedação modelada.



Figura 29: Vedação modelada no Revit 2017, simulando a vedação existente em obra

c) Para a representação da porta de acesso ao estaleiro e ao edifício, optou-se por recorrer à transferência de uma biblioteca *online*. Para a sua escolha, foram tomadas em consideração as características da porta existente na obra, dando origem à indicada na Figura 30.



Figura 30: Porta de acesso ao estaleiro, inserida no modelo, demonstrando a existente em obra

d) No caso da rede sombreada existente na fronteira do andaime, ocorreu também a necessidade da sua modelação, uma vez que não existia na biblioteca do *Revit*, nem se encontrou em bibliotecas *online*. Deste modo, procedeu-se igualmente à modelação da rede, evidenciada na Figura 31, incluindo e criando um material com as respetivas características.

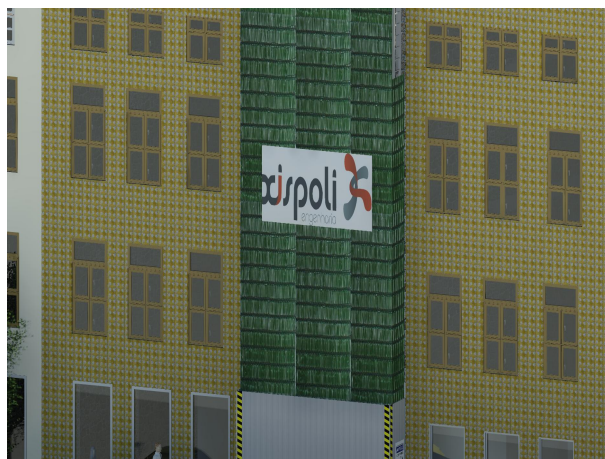


Figura 31: Rede sombreada reproduzida no Revit 2017, representando a existente na obra

e) Uma vez que o estaleiro ocupava parte do passeio e obstruía a circulação de peões, é necessário sinaliza-lo corretamente. Para tal, usou-se uma fita sinalizadora. Para a inserção desta fita, foi também necessária a sua modelação, usando o mesmo processo e criando um material correspondente ao plástico da fita, com as referentes características e aparência. Na Figura 32a) encontra-se retratada a modelação definitiva da fita sinalizadora.

De modo a que a sinalização fosse o mais completa e adequada possível, procedeu-se ainda à implementação do sinal de aviso de obras. Este foi inserido no espaço envolvente através da sua modelação, encontrando-se representada na Figura 32b).

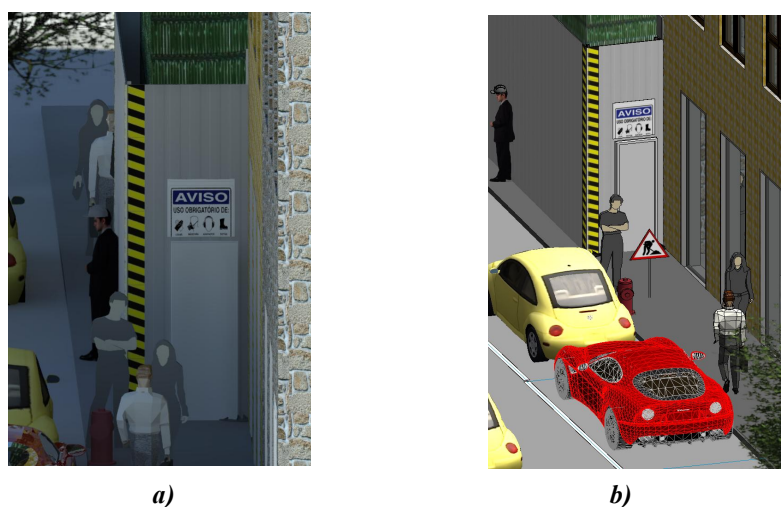


Figura 32: a) Fita sinalizadora modelada no Revit 2017, traduzindo a aplicada na vedação do estaleiro b) Sinal de obras modelado no Revit 2017

À entrada de um edifício em construção é imposta a sinalização dos EPI necessários para o acesso ao estaleiro e à obra. Para tal, surgiu a necessidade de modelar um quadro com a respetiva informação, como mostra a Figura 33.



Figura 33: Quadro informativo indicando os EPI's requeridos, no caso de estudo

f) Em todas as obras é obrigatória a sua identificação, bem como a das empresas responsáveis, devendo esta estar exposta num local visível. Como tal, procedeu-se à modelação de um elemento que retratasse este quadro informativo, apresentado na Figura 34.



Figura 34: Simulação da identificação de empresa existente em obra

O Plano de Estaleiro traduz-se num modelo tridimensional claro e elucidativo, como mostra a Figura 35. Através deste modo de visualização acessível é mais fácil mostrar aos trabalhadores as medidas de segurança que estes devem ter em consideração, aquando a realização dos trabalhos.



Figura 35: Modelo da implementação do Plano de Estaleiro no modelo BIM do caso de estudo

As ferramentas BIM permitem assim representar o espaço envolvente, bastante importante dados os condicionalismos que existem [37], além de permitir antecipar riscos como atropelamento ou queda de materiais para níveis inferiores relacionados com a circulação de peões na envolvente à vedação.

A utilização de um modelo BIM permite a visualização da disposição e enquadramento do estaleiro na envolvente, a avaliação de riscos de interferência com peões e a quantificação dos elementos de proteção necessários.

4.1.1.2. Modelação do plano de movimentação mecânica de cargas

A seleção do plano de movimentação mecânica de cargas (PMMC) tem como base a exigência descrita no DL 273/2003, manifestada no anexo I, respeitante às matérias a incluir no PSS.

O PMMC revela-se necessário na planificação dos equipamentos necessários para a movimentação mecânica de cargas, nomeadamente ao nível da quantificação, caracterização e localização dos mesmos.

A implementação destes equipamentos deve ser estudada com rigor, considerando o impacto que representam na envolvente, e as eventuais interferências do equipamento com os obstáculos existentes no trajeto. A utilização dos equipamentos de movimentação mecânica de cargas requer uma especial atenção, pois podem transportar materiais perigosos, de grandes dimensões, prevendo as áreas necessárias para os manobrar e dependendo da sua fragilidade é necessário planear todas as intersecções cuidadosamente de modo a não danificar o material.

Os presentes modos de exposição dos PMMC consistem em plantas de difícil leitura e interpretação, dando margem a equívocos e perigos, causando dificuldades na gestão da obra.

Tendo em conta as lacunas no atual modo de comunicação do plano de movimentação mecânica de cargas leva à opção de implementa-lo no BIM.

Neste caso em estudo o plano torna-se extremamente útil, devido à necessidade de implementação de equipamentos que permitem a sua circulação (grua e guincho), não só para a reabilitação da cobertura evidenciada da Figura 36, mas em todo o edifício.



Figura 36: Fotografia da reabilitação da cobertura do edifício em análise

A avaliação do projeto e do respetivo cronograma de trabalhos afetos à reabilitação da cobertura e movimentação mecânica de cargas, determina os principais riscos e elege medidas de segurança com a finalidade de os minimizar.

Desta apreciação adveio que o risco mais acentuado é a queda em altura, tendo em conta que a distribuição dos materiais ocorre a diferentes cotas, surgindo o risco da queda de trabalhadores e materiais, conduzindo à necessidade de agir preventivamente, como se tem vindo a salientar. Desta forma, a medida preventiva central são os equipamentos de proteção coletiva.

Na modelação do plano de movimentação mecânica de cargas foram dispostos como essenciais a modelação dos seguintes elementos de segurança:

- a) Guarda-corpos, devidamente sinalizados;
- b) Equipamento de movimentação mecânica de cargas, grua.

Definidos os propósitos essenciais para a representação do plano prosseguiu-se à sua modelação.

a) Os guarda-corpos perimetrais são colocados em todos os vãos livres, com o intuito de proteger não só os trabalhadores, mas também os materiais e objetos utilizados na obra. Esta constitui a principal medida preventiva para a minimização do risco eminente na reabilitação da cobertura. Para a implementação de guarda-corpos procedeu-se à sua modelação, dado a sua insistência na biblioteca do *Revit 2017* e em bibliotecas *online*. A conceção dos guarda-corpos foi realizada de acordo com os existentes em obra, sendo um modelo de dois níveis, a 45 e 90 cm de altura a contar da base da plataforma, descritos na Figura 37.



Figura 37: Guarda-corpos modelados simulando os existentes no caso de estudo

b) Na realização dos trabalhos de reabilitação da cobertura são necessários equipamentos de movimentação mecânica para a elevação e aplicação dos materiais. Como tal é necessário fazer o estudo da área de alcance da grua e a existência de obstáculos à circulação da mesma. Este estudo é essencial para avaliar os impactos que o equipamento produz na área envolvente ao edifício, à população e à normal circulação existente na zona. Recorreu-se a um ficheiro *AutoCad 3D*, que quando inserido no modelo, permite avaliar o alcance da grua e o seu impacto com a envolvente, exposto na Figura 38.

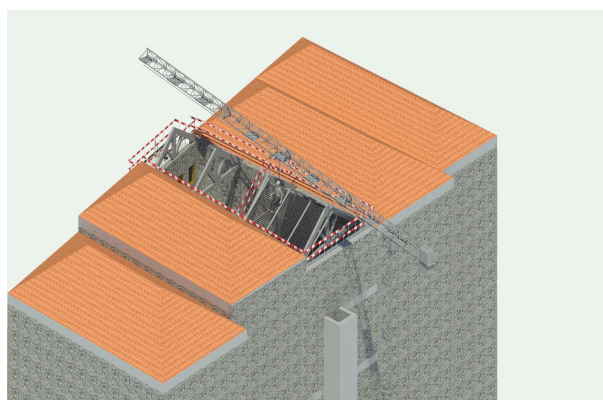


Figura 38: Grua introduzida no modelo exemplificando a usada na obra

Através da integração destes componentes no modelo geral do edifício conseguimos um plano de movimentação mecânica de cargas, como mostra a Figura 39.



Figura 39: Integração do Plano de movimentação de cargas no modelo BIM do caso de estudo em análise

O plano de movimentação mecânica de cargas, permite enquadrar todos os movimentos dos equipamentos de movimentação mecânica de cargas com a estrutura com edifício a reabilitar e a envolvente em que se insere.

Adotando a nova metodologia é possível observar o traçado da grua, prevendo os obstáculos e possíveis perturbações causados pela mesma. Expõe também as zonas nas quais decorrem as operações, identificando-as como zonas de perigo de queda de materiais. Este novo formato 3D auxilia a prevenção, uma vez que transpõe uma evidente explanação dos riscos, tornando-os compreensíveis para qualquer trabalhador.

O novo plano de movimentação mecânica permite uma melhor visualização em 3D dos equipamentos de movimentação mecânica de cargas e a simulação dos mesmos em operação. Além de toda a visualização que a metodologia auxilia, com o BIM é possível integrar toda a documentação com a informação respetiva aos equipamentos utilizados na construção, tais como a ficha técnica e dados de manutenção.

O facto de ser um modelo tridimensional, possibilita a exposição de todas as áreas de trabalho e as condições em que decorrem, tornando acessível a qualquer trabalhador para que possa

entender os riscos adversos dos trabalhos executados. O modelo tem capacidade de formação, sendo útil na instrução da prevenção aos trabalhadores, uma das obrigatoriedades do PSS referida no DL 273/2003. Como tal, este novo plano apresentado por uma imagem, comunicar-lhes-á mais do que uma ficha de procedimentos de segurança na realização de uma ordem trabalhos.

4.1.1.3. Modelação do plano de proteções coletivas

A eleição do plano de proteções coletivas (PPC) fundamenta-se no requisito apresentado no DL 273/2003, exposto no artigo 6º, referente ao conteúdo a incluir no PSS.

O PPC é essencial no PSS, pois deverão ser previstas prioritariamente medidas de proteção coletiva sobre as medidas de proteção individual. O plano permite a determinação das medidas preventivas no sentido de erradicar os riscos adversos dos trabalhos afetos à obra na generalidade.

O vigente plano proteções coletivas descreve-se como uma lista de componentes a implementar na obra, auxiliados por vezes de desenhos informativos. O facto de ser exposto através de documentos físicos num dossiê, acaba por ser descurado no grupo de documentos no qual se insere a obra. Outro aspeto relevante consiste no facto de por vezes os equipamentos não serem montados com a devida segurança, não estando as devidas fichas técnicas acessíveis a todos os trabalhadores.

Estas particularidades conduzem à implementação de um novo modo de produção do PPC, sendo a metodologia BIM vantajosa neste campo.

Considerando que a obra, em análise, é composta por 5 pisos, sendo que 3 deles são em altura (perfazendo uma altura de quase 16 metros desde o nível do arruamento até ao topo da cobertura), as proteções coletivas assumem bastante relevância dado ao risco de queda em altura. A Figura 40 expõe a existência de aberturas nas lajes destinadas à movimentação entre pisos, existentes em todos os andares do edifício.



Figura 40: Fotografia do piso 3 e aberturas na laje

Analisando todos os níveis do caso de estudo, é evidente a necessidade de adotar medidas de carácter preventivo. Devido às aberturas existentes nos diversos pisos, existe um risco elevado de queda. No sentido de erradicar este risco a medida preventiva mais indicada a implementar serão os guarda-corpos.

Considerando que as aberturas das lajes para os elementos de acesso verticais estão presentes durante toda a obra, é necessário ter um especial cuidado. Para a prevenção de eventuais riscos de queda nestas zonas é necessário implementar guarda-corpos a dois níveis, de 45 e 90 cm. Estes devem estar devidamente montados e sinalizados, uma vez é um equipamento sujeito a colisões e presente quase na totalidade da execução trabalhos de reabilitação.

Na introdução destes guarda-corpos optou-se por utilizar um modelo disponível numa biblioteca *online*. Este apresenta como principal característica a sua composição, que é de aço, e o seu aspeto que apresenta uma cor visível, de forma a se destacar, e portanto, alertando para o risco, representado na Figura 41.



Figura 41: Guarda-corpos integrados no modelo

Através da integração dos guarda-corpos nas bordaduras das lajes em altura, que como foi referido anteriormente, protege os trabalhadores de quedas nas aberturas das lajes, é implementado o plano de proteções coletivas, como mostra a Figura 42.

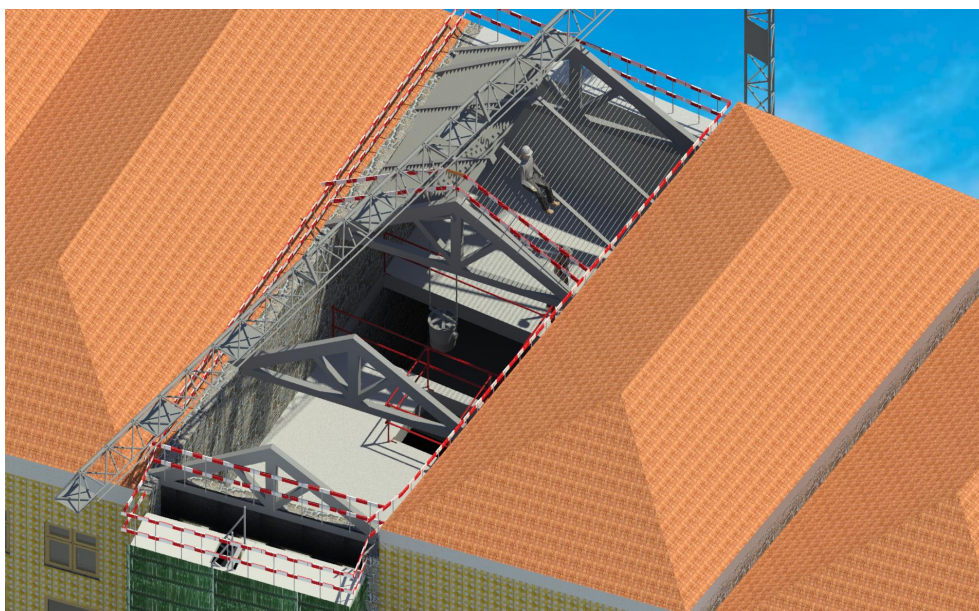


Figura 42: Implementação do Plano de Queda em Altura no BIM do Caso de Estudo

A aplicação do BIM no plano de proteção coletivas permite uma melhor visualização dos locais onde implementar os elementos de proteção. Permite o planeamento da sequência de montagem dos guarda-corpos com pormenor, e possibilita o cálculo da quantidade de equipamentos necessários.

As ferramentas BIM permitem ainda a integração das fichas técnicas dos elementos, tornando fácil o acesso e perceção. Mais uma vez, torna-se útil na formação aos trabalhadores, sendo um bom instrumento de observação. O ANEXO I apresenta cada um dos planos específicos desenvolvidos, num documento simples e acessível a todos os trabalhadores. O método de visualização ideal será através de um modelo BIM. Porém, considerando o atual estado de conhecimento e implementação da metodologia no setor da construção civil, regista-se que tal não é possível. Para contornar esta dificuldade, adequou-se o modelo digital, de modo a obter um documento físico com pormenores dos planos, retirados automaticamente do modelo.

Na integração dos elementos de prevenção no modelo, estes foram classificados segundo o sistema definido, sendo possível obter listas automáticas dos componentes. Esta funcionalidade permite que na conceção do projeto já seja conhecido a quais e quantos equipamentos de prevenção necessários, útil em fase de concurso do projeto. As quantidades dos elementos são apresentadas no *Revit* na aba *Schedule*, extraídas através de um ficheiro texto, formato .txt. este ficheiro é importado para o Excel, onde pode ser trabalho, obtendo uma lista de quantidades. As listas automáticas das quantidades dos elementos de prevenção são apresentadas no ANEXO II.

4.1.2. Inclusão das medidas preventivas nos elementos construtivos

A integração da prevenção no BIM completa-se com a introdução de todo o conteúdo da segurança no modelo, através da sua informatização. Desta forma verifica-se que são exploradas todas as potencialidades do BIM, ou seja, a um modelo 3D é associada toda a informação inerente ao edifício em estudo.

Neste sentido, a integração da segurança progride com implementação das medidas preventivas, consequentes do risco, associadas à construção de cada elemento construtivo no modelo BIM do edifício através de parâmetros. Com a realização desta etapa surgiu o novo conceito, o BIMSafety.

O “BIMSafety” identifica, para cada elemento construtivo e tendo em conta o processo de construção, os riscos associados aos trabalhos da construção. Com base nesta informação, propõe-se um conjunto de medidas preventivas de carácter organizacional, coletivo e individual. Este método permite a elaboração e desenvolvimento do PSS no novo formato, designadamente ao nível de planos de estaleiro, movimentação mecânica de cargas e de proteção coletiva.

Para a inclusão de toda a informação da segurança num modelo BIM, foram idealizadas as fases representadas no Figura 43.

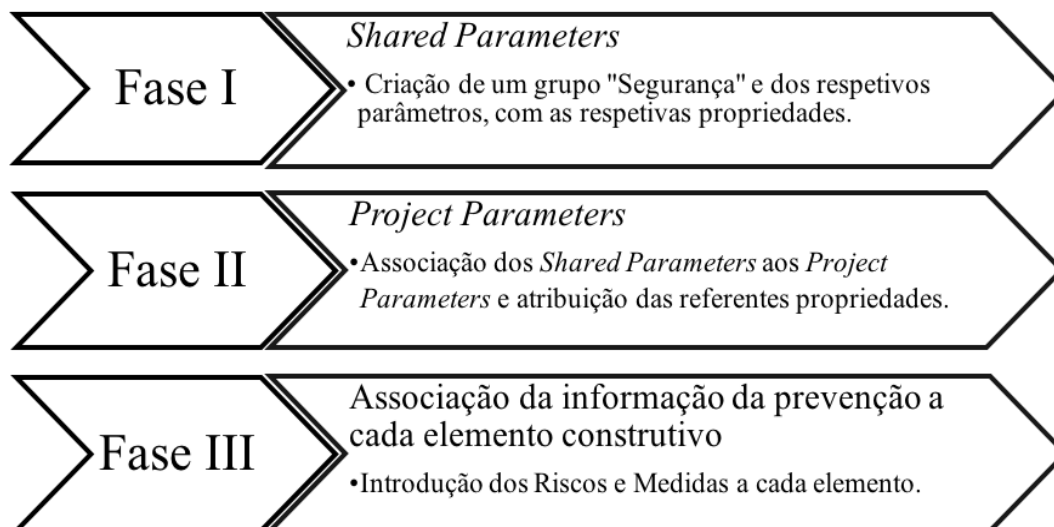


Figura 43: Esquema do faseamento para a inclusão da informação parametrizada

Concebida a estrutura referente à informatização da segurança, prossegue-se ao seu desenvolvimento dividido segundo as três fases anteriormente referenciadas.

De modo a iniciar a fase de introdução desta informação específica de segurança, recorreu-se ao programa *Revit 2017*, precisamente o mesmo usado na modelação. Para tal na aba de *Manage* tem-se a opção *Settings*, como mostra a Figura 44.

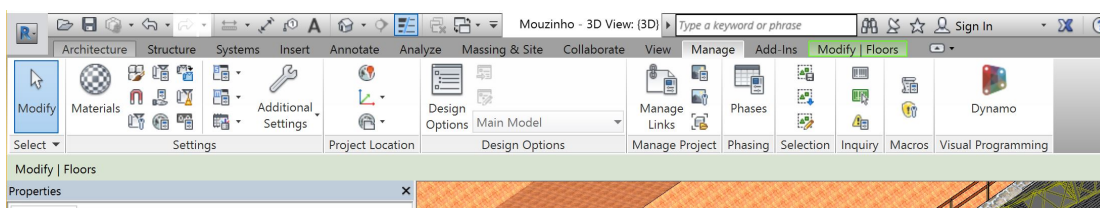


Figura 44: Barra de ferramentas do Programa Revit 2017, aba Manage

Após a seleção desta seção do *Revit*, dá-se sequência ao seguimento da estratégia desenvolvida inicialmente.

4.1.2.2. Fase I- Shared parameters

Uma vez que a seleção do método de introdução de informação é por parâmetros, a primeira fase passa por criar os *Shared Parameters*.

A sua escolha deve-se ao facto de que, criando os parâmetros partilhados, estes podem ser usados em diferentes projetos. Isto é, os *Shared Parameters* são como uma “base de dados” dos parâmetros que devem ser implementados para a informatização da segurança.

Para tal, na opção *Settings* existe o ícone *Shared Parameters*, no qual é possível criar os parâmetros partilhados, como apresenta a Figura 45.

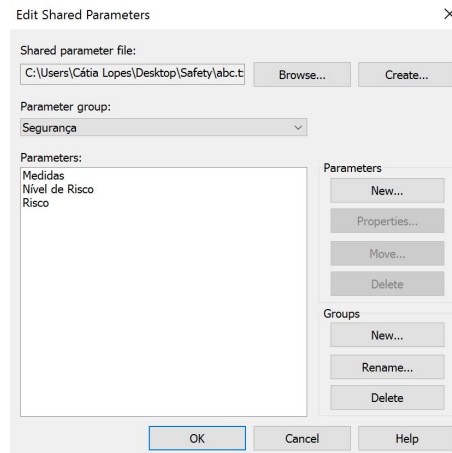


Figura 45: Janela de visualização dos Shared Parameters no Revit 2017

Para a inserção dos parâmetros, é necessário criar um documento de texto, de tipo *.txt*, onde será guardada a informação relativa a cada parâmetro, num local do computador explicado na Figura 46.

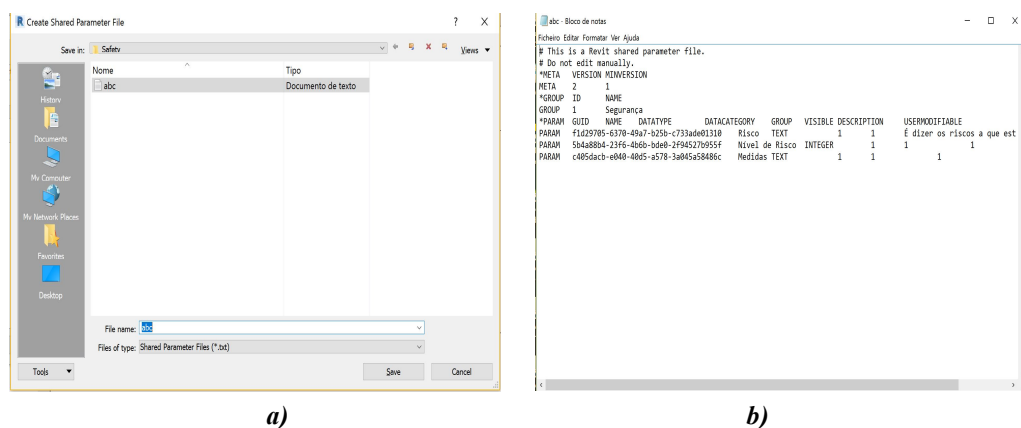


Figura 46: **a)** Local definido para guardar o ficheiro com a informação dos parâmetros; **b)** documento (txt) com a informação relativa aos parâmetros

Após a definição do ficheiro de informação dos parâmetros e da respetiva localização, é necessário criar o grupo de parâmetros a definir. O estabelecimento do grupo é demonstrado na Figura 47, ao qual atribui-se o nome de “Segurança”.

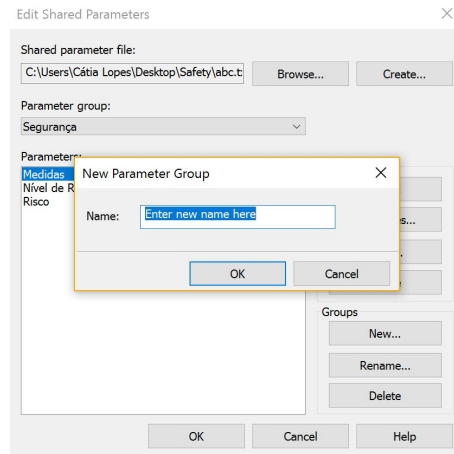


Figura 47: Janela de visualização que visa a criação do Grupo a englobar os parâmetros definidos “Segurança”

Uma vez estabelecido o grupo no qual são inseridos os parâmetros, atribui-se as características pretendidas. Ao gerar o parâmetro é necessário definir as suas propriedades, como indica a Figura 48.

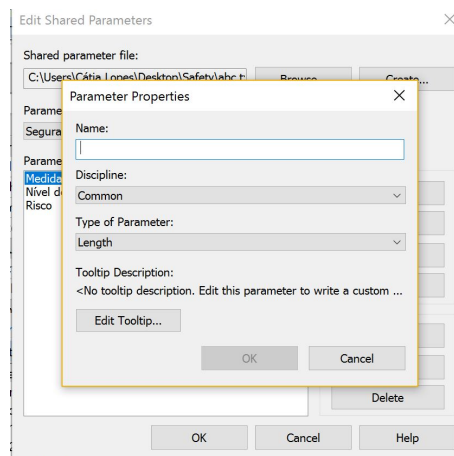


Figura 48: Janela de visualização de atribuição das propriedades requeridas pelo programa para atribuição de parâmetros

As propriedades requeridas pelo programa para a caracterização dos parâmetros são: o nome, a disciplina em que pretende ser empregado (Arquitetura, Estruturas, Mecânica), o tipo de

parâmetro e ainda é possível adicionar uma breve descrição. As propriedades estabelecidas na criação dos parâmetros estão apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10: Propriedades dos parâmetros introduzidos no Revit 2017

| Parâmetro | Disciplina | Tipo | Descrição |
|------------------------|------------|-------------------|--|
| Risco | Comum | Texto Múltiplo | Riscos associados à construção do elemento |
| Medidas Preventivas | Comum | Texto Múltiplo | Medidas preventivas consequentes dos riscos expostos à construção do elemento |

4.1.2.3. Fase II- Project parameters

Uma vez criados os parâmetros, segue-se a sua associação aos elementos construtivos. Para tal, transpõe-se os *Shared Parameters* para os *Project Parameters*, evidenciado na Figura 49.

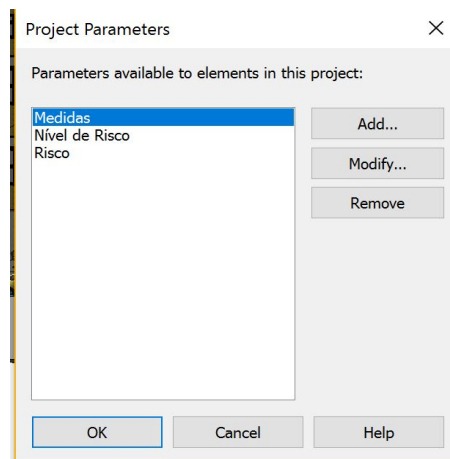


Figura 49: Janela de visualização dos Project Parameters no Revit 2017

Após a criação dos parâmetros na Fase I, os *Shared parameters*, procede-se à sua importação para esta seção, como a Figura 50 exemplifica.

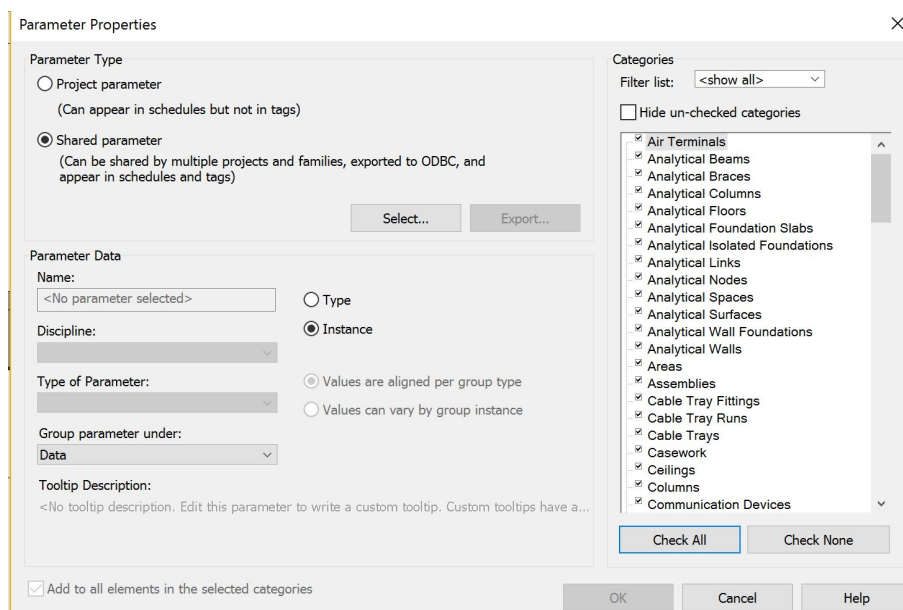


Figura 50: Janela de visualização das propriedades dos parâmetros associados ao projeto no Revit 2017

Para a definição dos parâmetros de projeto é ainda necessário proceder à sua caracterização, segundo propriedades requeridas pelo programa que são:

a) **Tipos de parâmetros**

- **de projeto:** são utilizados para tabelar, classificar e filtrar elementos num projeto, estes são criados apenas no projeto;
- **partilhado:** são criados no projeto e podem ser identificados, tabelados e partilhados noutros projetos.

b) Alinhados por **tipo de grupo**

- **por instância:** se o elemento deste parâmetro de instância for parte de vários grupos, o seu valor varia por instâncias de grupo. Ao selecionar o elemento e modificar o parâmetro na aba propriedades, valor do parâmetro altera-se para o elemento, não alterando o seu valor noutras instâncias do mesmo de grupo;
- **por tipo:** se o elemento deste parâmetro de instância for parte de vários grupos, o seu valor será o mesmo para todos os elementos correspondentes às instâncias do grupo. Ao selecionar o elemento e modificar o parâmetro na aba propriedades, alterar-se o seu valor para o elemento, bem como o seu valor noutras instâncias do mesmo grupo;

- c) **categorias** à qual se quer inserir;
- d) **grupo** ao qual se pretende associar.

Perante as propriedades oferecidas, foi necessário escolher a melhor solução para caracterizar os parâmetros. A escolha com maior impacto consistiu na escolha do tipo de grupo de parâmetros, por instância ou por família.

A hipótese de atribuição do parâmetro por família, seria uma boa opção para a automatização do *BIMSafety*. Aquando da sua associação, toda a informação do parâmetro seria a mesma para todos os objetos da família, economizando tempo e trabalho. No entanto, torna-se impraticável quando a localização dos objetos difere, ou seja, requerem diferentes medidas preventivas.

Assim sendo, a hipótese passa pela atribuição do parâmetro por instância. Esta escolha é a mais correta, tendo em conta que os riscos e as medidas diferem dependendo da localização do elemento e da sua dimensão. Um exemplo prático poderá ser a execução de um pilar, que podendo ser de bordo ou interior, requererem diferentes medidas preventivas, isto porque a eles estão associados riscos distintos. Ao atribuir por instância permite esta distinção, se fosse por tipo, esta informação seria a mesma, o que não estaria correto. Portanto a atribuição do parâmetro por instância é independente e única.

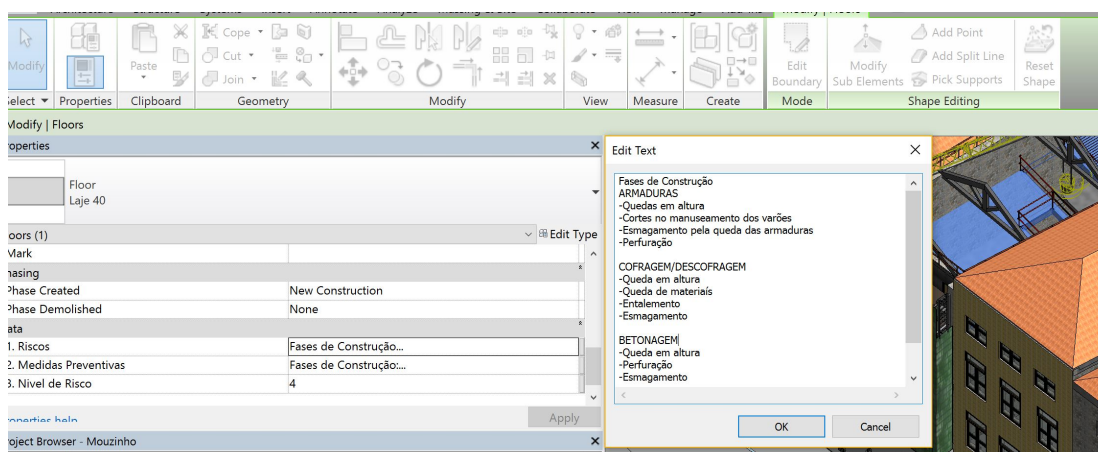
Na caracterização dos parâmetros, foram escolhidas as seguintes propriedades:

- **Parâmetro partilhado:** importando os parâmetros partilhados e respetivas propriedades;
- **Parâmetro por instância:** parâmetro independente da família e do objeto;
- **Todas as categorias:** os parâmetros são atribuídos aos objetos de todas as categorias;
- **Grupo *Data*:** constituiu uma das dificuldades na parametrização (relatada em 4.2.3.), uma vez que o objetivo inicial seria ter um grupo dedicado à segurança. Na impossibilidade de o conceber, optou-se pela sua associação ao grupo *Data*.

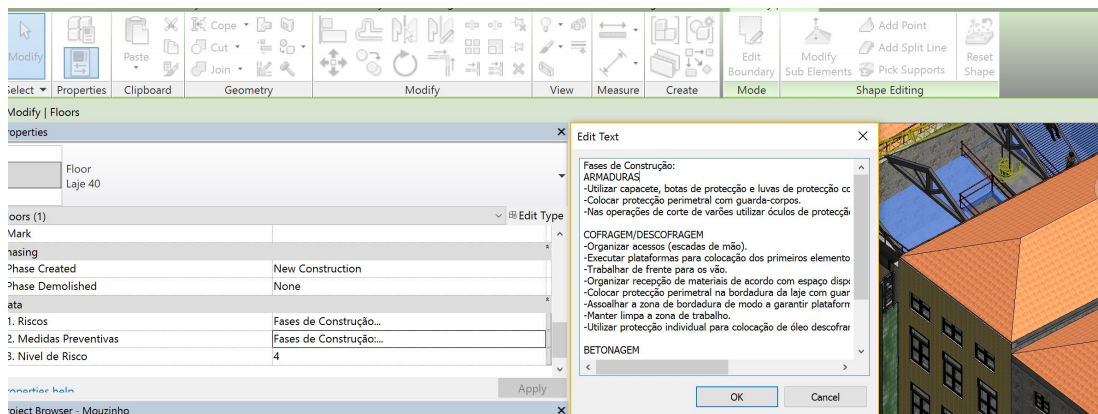
Após a definição de todas propriedades dos parâmetros, estes são associados aos elementos das categorias definidas e ficam disponíveis nas propriedades dos objetos.

4.1.2.4. Fase III - Associação da informação da prevenção a cada elemento construtivo

A integração da prevenção finaliza com a associação da informação da prevenção aos elementos construtivos, de forma manual nas diferentes fases de construção. Assim, conseguiu-se a integração dos riscos e das medidas ao respetivo elemento, como mostra a Figura 51, que exemplifica a inclusão da segurança num objeto, neste caso de uma laje num piso superior.



a)



b)

Figura 51: Inclusão da Prevenção no objeto laje, no modelo do edifício do caso de estudo

a) Riscos associados à construção da laje de um piso superior

b) Medidas preventivas associadas aos riscos da construção da laje de um piso superior

A aplicação do conceito BIMSafety, com a indexação da informação relativa à prevenção a cada elemento construtivo, permite obter um modelo elucidativo quanto às questões da segurança. O ANEXO III apresenta três exemplos da utilização do BIMSafety no caso de estudo, utilizado para aferir a sua utilidade no planeamento da segurança.

4.1.3. Implementação dos equipamentos de proteção individuais (EPI)

Os Equipamentos de Proteção Individuais (EPI's) são uma obrigatoriedade nas atividades de trabalho. Consideram-se Equipamentos de Proteção Individual qualquer dispositivo ou meio que se destine a ser envergado ou manuseado por um indivíduo para defesa contra um ou mais riscos, suscetíveis de ameaçar a sua saúde ou a sua segurança, com vista a proteger o trabalhador durante o exercício da sua atividade laboral.

Os EPI diferem de acordo com as atividades, sendo que dependem também dos riscos a elas inerentes, tendo em conta o trabalho a executar. Na construção civil os EPI transversais a qualquer trabalho são:

- **Capacete de segurança:** Protege a cabeça contra ferimentos causados pela queda de objetos de níveis elevados, precavendo lesões decorrentes de impactos contra objetos fixos e contra eventuais descargas elétricas; (NP 1526 e NP 1798)
- **Botas com palmilha e biqueira reforçada:** Fornece segurança para os pés contra perfurações causadas por pregos e outros, protege também contra queda de objetos (biqueira de aço) e evitando escorregões; (EN 344, EN 345, EN346 ou EN 347)
- **Luvas de proteção mecânica:** Para proteção em trabalhos onde subsista risco de corte ou perigo de lesão; (Norma EN 420)
- **Colete refletor de alta visibilidade:** visa a sinalização do trabalhador. (EN471 - vestuário de alta visibilidade para uso profissional)

Para a integração da segurança no BIM é necessário proceder de igual modo, incluindo os EPI's no modelo. Esta tarefa tornou-se trabalhosa, tendo em conta a dificuldade deparada aquando a pesquisa de trabalhadores devidamente equipados pelos EPI's em bibliotecas. De forma a solucionar este problema, procedeu-se à modelação de um capacete, apresentado na Figura 52, que visa a sua implementação nos trabalhadores. Os restantes EPI's não estão no modelo, pois a sua modelação está além dos objetivos desta dissertação.



Figura 52: Capacete modelado com vista à implementação no modelo

4.2. Principais dificuldades

Durante a fase de implementação da segurança no BIM foram surgindo diversas dificuldades. Sendo que na sua generalidade podiam ser ultrapassadas ou minimizadas com a existência de uma biblioteca BIM incluindo objetos direcionados à segurança.

A primeira dificuldade surge na modelação dos planos de segurança. Para a elaboração dos planos é indispensável a introdução dos elementos de proteção coletiva, que como foi referido anteriormente, não estão disponíveis na base de dados deste *software*.

A segunda dificuldade adveio da implementação das medidas preventivas nos elementos construtivos, de modo a que os planos de segurança se afirmem produtivos e integrados. A informatização da disciplina de segurança é o principal objetivo do estudo, portanto este tornou-se o foco principal do trabalho de investigação. A solução concebida baseou-se na parametrização da informação, aplicando-a aos objetos representativos dos elementos construtivos. O conceito suportaria toda a informação parametrizada e hierarquizada segundo um grupo geral de segurança. O grupo integraria os riscos e medidas preventivas a serem implementadas para a minimização dos perigos afetos a cada tarefa de construção dos elementos, através de níveis sequências de construção. A parametrização e inclusão de todo o conteúdo respetivo à segurança revelou-se a maior dificuldade.

A terceira dificuldade resultou na implementação dos equipamentos de proteção individuais (EPI's) na parte da segurança, completando-se assim o plano da prevenção. Esta adversidade foi ultrapassada com o recurso a uma modelação básica de um EPI importante. Optou-se por não se proceder ao desenvolvimento de mais EPI's, uma vez que o objetivo central do estudo não é a implementação de equipamento de proteção individual. No entanto, esta tarefa teria sido eliminada com a existência de objetos BIM com os EPI's.

4.2.2. Planos de segurança

Na elaboração de planos de segurança advieram diversas dificuldades, nomeadamente a inexistência de objetos BIM, indispensáveis para a modelação dos planos referidos.

Para ultrapassar esta primeira adversidade, optou-se por fazer uma modelação “simples” dos objetos indispensáveis para a elaboração dos planos.

Esta modelação realizou-se através do *Revit Family*, com base num modelo de família pré-existente, *Family Site*. Esta engloba os objetos de “paisagismo”, que completam a envolvente do edifício, no entanto, de entre os grupos existentes na base do *Revit*, considerou-se o mais adequado.

Para que os objetos modelados reproduzissem a realidade, surgiu a preocupação de atribuir o máximo de características possíveis, de modo a que o aspeto visual fosse o mais semelhante possível, tornando-se perceptível de que equipamento se tratava. Com este objetivo, admitiu-se a necessidade de criar novos materiais no *Revit*. A estes materiais foram associadas as suas características físicas. A principal preocupação era de facto a aparência, para que fosse o mais autêntica possível. Deste modo, optou-se por inserir uma imagem real no material.

A Figura 53 representa o processo de atribuição de um novo material e das respetivas características, a um elemento de proteções coletivas presente nos planos.

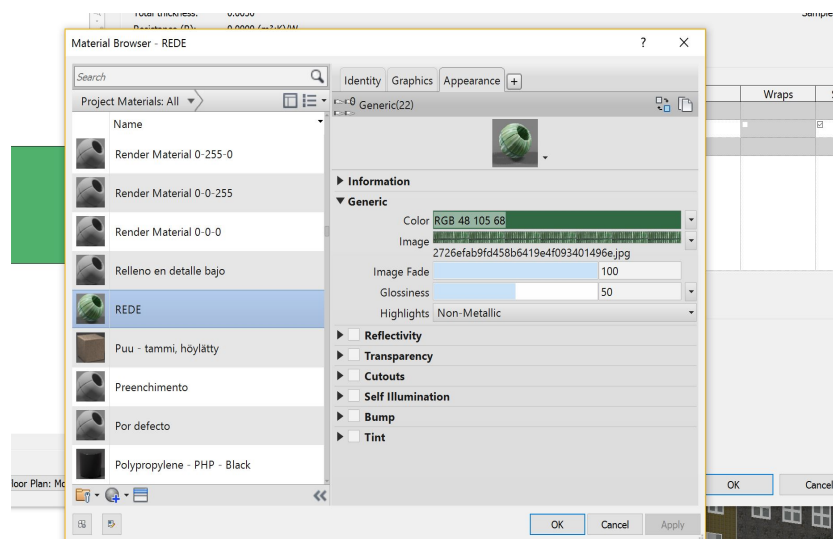

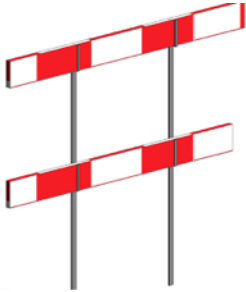







Figura 53: Processo de criação de um material e atribuição das respetivas características

Os elementos foram modelados segundo as prescrições referidas no manual de segurança de Abel Pinto [3].

Na Tabela 11 estão enumerados alguns dos principais elementos inseridos nos planos, bem como a respetiva modelação em *Revit 2017*, acompanhada de um resumido texto descritivo.

Tabela 11: Exemplos de alguns elementos inseridos nos planos, modelados através do Revit

| Elemento | Imagem | Descrição |
|-----------------------------|---|--|
| Andaime |  | Modelação de um andaime com as dimensões de 2,50*1,0*1,80 metros. A aplicação deste andaime é modular. |
| Guarda-Corpos a dois níveis |  | Modelação do guarda-corpos a dois níveis, a 45 e 90 cm de altura, sendo a sua aplicação também modular. |
| Vedações de estaleiro |   | <p>a) Modelação da chapa de vedação do estaleiro.</p> <p>b) Modelação da rede sombreadora a colocar na face dos andaimes</p> |
| Informações de estaleiro |   | <p>a) Modelação da Lona de identificação da empresa</p> <p>b) Modelação da informação de sinalização dos EPI's</p> |
| Sinais Informativos |  | Modelação de sinais de aviso de obras |

4.2.3. Medidas preventivas

A inclusão de riscos e medidas preventivas num modelo BIM é o principal desafio do estudo e a maior dificuldade devido à impossibilidade de sequenciar parâmetros. A implementação desta ideia originou o conceito *BIMSafety*. Este passava por criar uma série de parâmetros sequenciados por vários níveis, a Tabela 12 apresenta o exemplo da execução de uma laje.

Tabela 12: Idealização estrutura dos parâmetros a implementar no modelo, englobando os riscos e respetivas medidas preventivas

| Grupo de Parâmetro | Parâmetro | Informação | | | |
|--------------------|-----------|---|--|--|---|
| Riscos | | Amarração do ferro | Cofragem | Betonagem | Descofragem |
| | | Quedas em altura-- | | Queda em altura | |
| | | Cortes no manuseamento dos varões | Queda em altura | Perfuração | Queda em altura e do mesmo nível |
| | | Esmagamento pela queda das armaduras | Queda de materiais | Esmagamento | Queda de materiais |
| | | Projeção de partículas | Entalamento | Electrocussão | Entalamento |
| | | | Esmagamento | Dermatoses | Esmagamento |
| | | | | Projecções | |
| | | | | Perfuração | |
| | | Amarração do ferro | Cofragem | Betonagem | Descofragem |
| | | | Organizar acessos e receção de materiais. | Estabilizar a autobomba, com apoios adequados. | Utilizar plataformas de trabalho. |
| Segurança | Medidas | Colocar proteção perimetral com guarda-corpos 45 e 90 cm. | Utilizar plataformas de trabalho e trabalhar de frente para os vãos. | Refazer caminhos de circulação sobre as armaduras. | Arrancar o painel sem se colocar sob o mesmo e evitar deixar cair os painéis. |
| | | Utilizar capacete, botas e luvas de proteção contra riscos mecânicos. | Colocar proteção perimetral na bordadura da laje com guarda-corpos. | Procurar posições estáveis aquando da orientação da mangueira distribuidora da bomba. | Organizar a arrumação e limpeza durante a operação de descofragem. |
| | | Nas operações de corte de varões utilizar óculos de proteção anti impacto | Assoalhar a zona de bordadura de modo a garantir plataforma de trabalho. | Nas operações de desentupimento da conduta da auto-bomba não se colocar de frente para a abertura. | Respeitar prazos estabelecidos para a retirar de elementos do escoramento. |
| | | | Utilizar protecção individual para colocação de óleo descofrante | Utilizar capacete, botas com biqueira e palmilha de aço e luvas de PVC. | Utilizar capacete, botas com biqueira e palmilha de aço e luvas |
| | | | | | |

Para a aplicação deste método recorreu-se a vários fóruns e discussões numa tentativa de solucionar e implementar esta ideia.

O objetivo da criação do grupo “Segurança” tornou-se inexecutável, uma vez que a criação de grupos de novos parâmetros no *Revit* é travada pela *Autodesk*, sendo necessário recorrer a programação avançada. Ainda, a subdivisão de parâmetros, seguindo a estrutura apresentada na Tabela 12, também não foi possível de executar.

Numa tentativa de resolver o problema da inclusão da segurança no modelo, elegeu-se como alternativa a hipótese de simplificar a introdução da informação, ou seja, tentar sequenciar a informação de forma a não ser necessário criar vários níveis de parâmetros. Optou-se por dividir a informação conforme a Tabela 13.

Tabela 13: Sequência adotada para a implementação da prevenção no modelo

| Grupo de Parâmetros | Parâmetros | Informação |
|---------------------|---------------------|---|
| <i>Data *</i> | Riscos | <p>AMARRAÇÃO DO FERRO</p> <ul style="list-style-type: none"> - Quedas em altura - Cortes no manuseamento dos varões - Esmagamento pela queda das armaduras <p>COFRAGEM/DESCOFRAGEM</p> <ul style="list-style-type: none"> - Queda em altura, trabalhadores e materiais - Entalamento e esmagamento <p>BETONAGEM</p> <ul style="list-style-type: none"> - Queda em altura e esmagamento - Perfuração, electrocussão e dermatoses - Esmagamento |
| | Medidas preventivas | <p>ARMADURAS</p> <ul style="list-style-type: none"> -Utilizar capacete, botas e luvas de proteção contra riscos mecânicos. -Colocar proteção perimetral com guarda-corpos. -Nas operações de corte de varões utilizar óculos de proteção anti-impacto <p>COFRAGEM/DESCOFRAGEM</p> <ul style="list-style-type: none"> -Organizar acessos, receção de materiais, executar plataformas trabalho de frente para os vãos. -Colocar proteção perimetral na bordadura da laje, (guarda-corpos) e assoalhar a zona de bordadura e utilizar proteção individual para colocação de óleo descofrante <p>BETONAGEM</p> <ul style="list-style-type: none"> -Estabilizar a auto-bomba com apoios adequados e procurar posições estáveis aquando da orientação da mangueira distribuidora da bomba. -Nas operações de desentupimento da conduta da auto-bomba não se colocar de frente para a abertura e refazer caminhos de circulação sobre as armaduras. -Utilizar capacete, botas com biqueira e palmilha de aço e luvas de PVC. |

* A escolha do grupo de parâmetro *Data*, deve-se ao facto de não ser possível criar grupos de parâmetros, optou-se então por inseri-los no Grupo *Data*, devido ao seu próprio conceito.

Desta forma consegue-se a inclusão do conteúdo da prevenção num modelo BIM, tornando a disciplina da segurança integrada no processo de construção. Verifica-se então, que a sua aplicação resolve uma das principais lacunas e dificuldades da segurança atualmente.

4.2.4. Equipamentos de proteção individual

A primeira grande dificuldade surgiu na inserção dos equipamentos de proteção individual (EPI's). Para dispor de um plano de segurança efetivo é necessário a exposição dos EPI's empregados pelos trabalhadores. A introdução dos mesmos no modelo tornou-se complexa, devido à inexistência destes objetos em bibliotecas gratuitas. Para ultrapassar esta adversidade, optou-se por modelar o capacete de segurança.

Quanto aos restantes EPI's, também não se encontrou em bibliotecas nem se procedeu à sua modelação, pois para tal, ter-se-ia de modelar o trabalhador envergando botas com palmilha e biqueira reforçada, luvas de proteção mecânica e colete refletor de alta visibilidade, resultando numa tarefa muito trabalhosa, o que não constitui o estudo em análise.

5. AVALIAÇÃO E RESULTADOS DA METODOLOGIA BIM NA PREVENÇÃO

Neste capítulo será exposto o modo de avaliação à metodologia desenvolvida na dissertação. Seguidamente serão apresentados os resultados obtidos com o método de investigação apresentado no estudo.

O principal objetivo da dissertação é a análise crítica quanto à implementação do BIM na prevenção. De modo a concluir este objetivo, realizou-se um inquérito a especialistas da construção civil.

Para o desenvolvimento desta tarefa crucial, o inquérito foi organizado nas seguintes fases:

Fase 1: Preparação do inquérito

Fase 2: Implementação do inquérito

Fase 3 Resultados

5.1. Preparação do inquérito

A primeira fase centra-se na idealização do inquérito e definição do grupo de inquiridos. Para o desenvolvimento do questionário foram definidos pontos essenciais a ser implementados no mesmo.

5.1.1. Condições de aplicação

Para a realização de um inquérito é necessário definir o objetivo principal, neste caso, a utilidade do BIM na prevenção. O resultado do inquérito permite avaliar a possibilidade da implementação da nova metodologia na cultura da prevenção. Número mínimo de inquiridos definido foi de 30.

5.1.2. Definição de objetivos

Uma vez que o propósito do inquérito é a avaliação do BIM na prevenção, teve-se como estratégia apresentar os planos de segurança desenvolvidos na fase de implantação no BIM na prevenção, exposta no Capítulo 4.

Realizando uma exposição do modelo atual de prevenção em paralelo com a nova sugestão de modelo de prevenção, é possível comparar um mesmo plano nos dois modelos de prevenção. Assim, é proposto aos inquiridos que classifiquem como favorável ou não a nova abordagem da prevenção, utilizando a metodologia BIM.

5.1.3. Definição da população alvo

A população alvo são intervenientes da área da construção civil. A opinião desta população torna-se muito importante, pois a metodologia é utilizada pelos mesmos. O parecer da comunidade é indispensável, sendo uma mais-valia para melhorar e ajustar o modelo em função dos eventuais problemas que surjam na aplicação desta nova abordagem. Assim sendo, o público selecionado para o inquérito apresenta competências nas seguintes funções: dono de obra, projetista, consultor, diretor de obra, encarregado, fiscal, coordenador de segurança, técnico de segurança e operário da construção civil.

Optou-se pelo agrupamento das funções nestas categorias devido ao ambiente e à envolvimento de cada inquirido no projeto

- Dono de obra / Projetista / Consultor;

A união do dono de obra, projetista e consultor, retrata um grupo que atua num ambiente fora da obra, em gabinete, sendo as visitas à construção pontuais e de preocupação ao nível da execução do projeto.

- Diretor de obra / Encarregado / Fiscal;

A categoria de diretor de obra, encarregado e fiscal representa intervenientes com predominância em obra e de responsabilidade na de execução das tarefas.

- Coordenador de segurança / Técnico de segurança;

A classe de coordenador de segurança e técnico de segurança inclui os responsáveis pela segurança no projeto, sendo um grupo importante para o estudo

- Operário da construção civil.

Na categoria de operários da construção civil estão os trabalhadores que executam as tarefas. A opinião dos trabalhadores quanto à utilização da nova é importante, visto que, são estes que têm de compreender e implementar as questões de prevenção.

5.1.4. Estruturação do inquérito

Na elaboração do inquérito foi tido em conta que este deve ser breve, simples e direto. Assim sendo, o inquérito começa com a explicação e fundamento do mesmo, pertencendo a uma investigação desenvolvida no âmbito de um estudo na utilidade do BIM na prevenção.

Em seguida apresentam-se as duas versões (modelo atual e metodologia BIM) do plano de segurança, nomeadamente ao nível de planos específicos: plano de estaleiro, plano de movimentação mecânica de cargas e plano de proteções coletivas.

Sucessivamente, apresentam-se as questões comparativas entre as duas versões apresentadas, de modo a classificar o modelo BIM. As questões descritas estão retratadas na Tabela 14:

Tabela 14: Tabela correspondente à apresentada no inquérito, com as questões a ser avaliadas pelos inquiridos

| Questão | SIM | NÃO |
|---|-----|-----|
| Simulação de condições reais de trabalho, permitindo antecipação de riscos e perigos | | |
| Permite uma melhor integração de questões de prevenção e de produção | | |
| Perceção de medidas preventivas, através da visualização do modelo acessível | | |
| Qualidade da informação de segurança representada, com capacidade de uso do modelo para ações de formação | | |
| Carateriza-se como um método mais eficaz comparando com o atual modelo de prevenção | | |

De modo a obter uma caracterização da amostra do inquérito, realizaram-se perguntas de modo a identificar os inquiridos, com a finalidade de atribuir cada inquirido a um grupo de profissionais. Esta identificação permite analisar os resultados em função de cada grupo e consequentemente obter soluções mais personalizadas. As questões de caracterização implementadas estão patentes na Tabela 15.

Tabela 15: Questões implementadas no inquérito, com vista obter uma caracterização do painel de inquiridos

| Questão | Resposta |
|---|---|
| Idade | 18-28 |
| | 29-39 |
| | 40-50 |
| | +50 |
| Habilitações literárias? | 1ºciclo (4ºano) |
| | 2ºCiclo (6º Ano) |
| | 3ºciclo(9ºano) |
| | Secundário (12º Ano) |
| | Licenciatura |
| | Mestrado |
| Qual a função que desempenha? | Doutoramento |
| | Dono de obra/Projetista/Consultor |
| | Diretor de obra/Encarregado/ Fiscal |
| | Coordenador de segurança/Técnico de segurança |
| Quantos anos de experiência tem em obras? | Operário da construção civil |
| | Estagiário |
| | 1-6 |
| | 7-13 |
| | 14-19 |

Como resultado final obteve-se um inquérito com 4 páginas, presente no Anexo IV. A primeira página apresenta a descrição do inquérito, as perguntas e a caracterização da amostra. As restantes 3 páginas apresentam os planos na versão tradicional e na nova metodologia. Deste modo os inquiridos poderem comparar as questões de prevenção nos dois conceitos.

5.2. Implementação do inquérito

A implementação do inquérito passou por uma abordagem direta aos trabalhadores com o questionário em papel. Este método convencional foi útil em alguns casos, no entanto optou-se por um formato digital, de modo conseguir alcançar todos os inquiridos.

Atentando ao objetivo do trabalho, considerou-se adequado recolher dados junto de trabalhadores na área da construção civil, e que estejam relacionados com as questões da prevenção. Assim sendo, a estratégia de implementação do inquérito passou por divulgá-lo pelos ex-colegas de curso e conhecidos na área da construção civil. O inquérito foi aplicado entre os dias 17 de Julho e 7 de Agosto.

5.3. Resultados

Após a implementação do inquérito foram obtidas 63 respostas, atingindo o mínimo definido. Os resultados foram tratados e compilados numa folha Excel, apresentados no Anexo IV. A organização dos dados permitiu uma melhor análise e caracterização da amostra, permitindo retirar conclusões acerca do que a nova metodologia apresenta a cada grupo de trabalhadores

5.3.1. Caracterização da amostra

A amostra abrange diversos da área da construção civil. Estes estão representados de modo a ter uma opinião transversal acerca do tema. A amostra é caracterizada segundo:

1) Anos de experiência em obra

Analisando o Gráfico 1 é possível constatar que a maioria dos inquiridos trabalha na construção há mais de 13 anos (32 trabalhadores). Apenas 9 dos inquiridos tem entre 1 e 6 anos de experiência na construção civil, somente 3 dos 63 trabalhadores inquiridos são estagiários. A experiência média dos inquiridos é de 12,5 anos, portanto, pode-se dizer que o grupo de inquiridos é experiente no setor da construção civil.

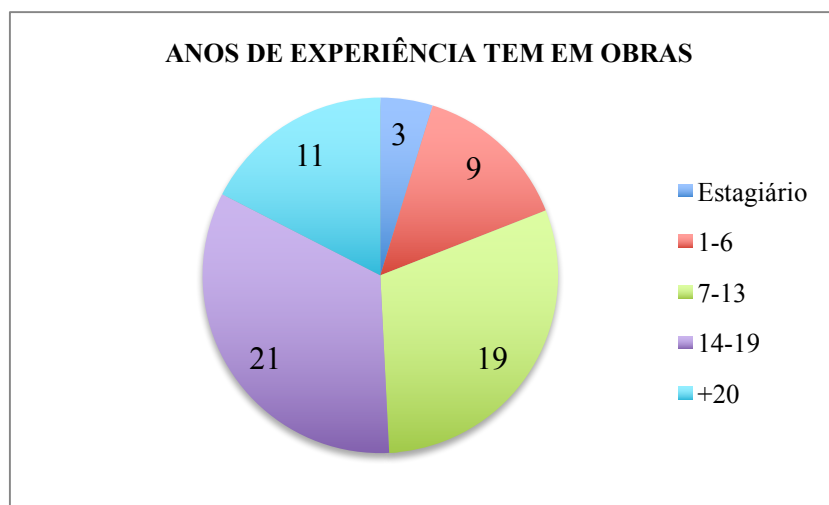


Gráfico 1: Descrição da amostra quanto aos anos de experiência em obra

2) Idade

O Gráfico 2, representa o intervalo de idades dos inquiridos, mostrando que o intervalo de anos de idade mais persistente é o dos 29 e os 39 anos (26 trabalhadores), seguindo com 24 trabalhadores entre os 40 e os 50 anos. No intervalo entre 18 e os 28 anos apresentam-se 7 trabalhadores e foram inquiridos apenas 6 trabalhadores com mais e 50 anos. A amostra apresenta uma idade média de 38 anos.

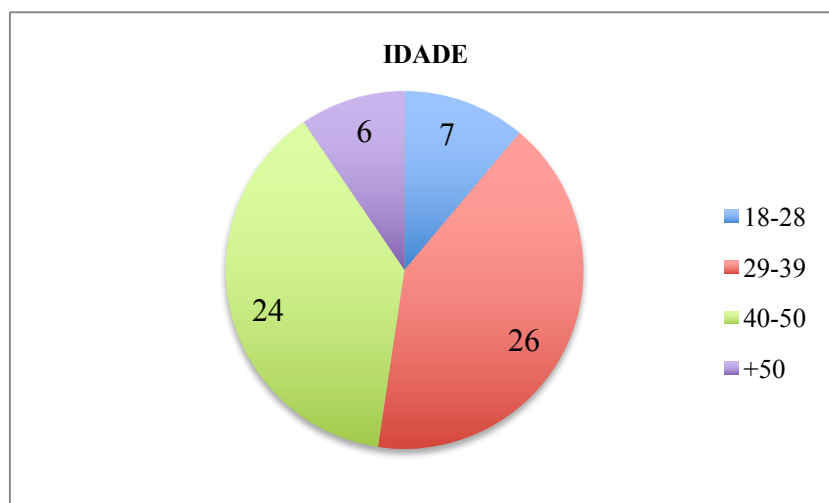


Gráfico 2: Idade dos inquiridos presentes na amostra

3) Habilitações literárias

Como se verifica no Gráfico 3, as habilitações literárias do grupo de inquiridos são bastante diversificadas, sendo que, a maior parte dos inquiridos são licenciados (30 trabalhadores) e 12 inquiridos com mestrado. Relativamente aos restantes trabalhadores, 4 trabalhadores têm o 1º ciclo, 3 têm o 2º ciclo, 9 trabalhadores têm o 3º ciclo e 5 o secundário. Nesta amostra não existem inquiridos com doutoramento.

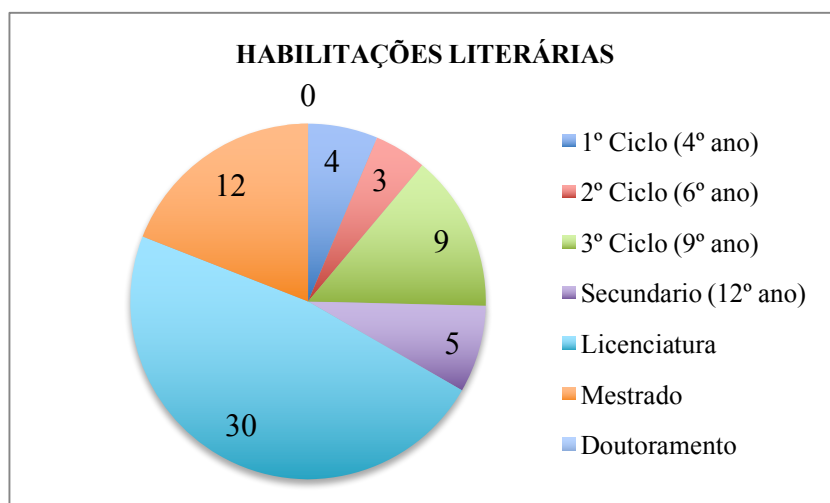


Gráfico 3: Habilitações literárias dos inquiridos

4) Função

O Gráfico 4 mostra que a parte da amostra mais significativa pertence ao grupo de Coordenação de segurança/ Técnico de segurança com 20 inquiridos. Segue-se o grupo de operários da construção civil, com 16 inquiridos, um grupo de relevância para o estudo, pois é importante a avaliação dos trabalhadores quanto ao método de prevenção aplicado. A amostra ainda integra 13 trabalhadores do grupo de Diretor de obra/ Encarregado /Fiscal. Por último e em menor número, apenas com 7 indivíduos, a categoria de Dono de obra/ Projetista /Consultor. Ainda de referir que 7 dos inquiridos da amostra acumulam as várias funções acima designadas dos quais: 5 de Dono de obra/ Projetista /Consultor e Coordenação de segurança/ Técnico de segurança, 1 deles integrando funções de Coordenação de segurança/ Técnico e Diretor de obra/ Encarregado /Fiscal, e ainda 1 caso de junção de cargos em Dono de obra/ Projetista /Consultor, Diretor de obra/ Encarregado /Fiscal e Coordenação de segurança/ Técnico de segurança.



Gráfico 4: Função dos inquiridos

5.3.2. Resultados do inquérito

As perguntas descritas nos questionários são claras e de resposta direta, sim ou não. Deste modo é possível retirar conclusões específicas quanto à opinião dos inquiridos no tema da prevenção associada ao BIM. Analisando as opiniões dos inquiridos é possível retirar ilações quanto à aplicabilidade da nova metodologia na construção.

Os resultados obtidos com a implementação do inquérito serão apresentados nos gráficos que se seguem.

a) Simula mais eficazmente as condições reais de trabalho, permitindo antecipação de riscos e perigos,

O Gráfico 5 indica que 94%, concorda que a nova metodologia, simula mais eficazmente as condições reais de trabalho, permitindo a antecipação de riscos e perigos. Apenas 6% da amostra considera que o modelo não simula de forma eficaz as condições de trabalho, bem como a capacidade de antecipação de riscos.



Gráfico 5: Resultado do inquérito à primeira resposta

b) permite uma melhor integração de questões de prevenção e de produção

A apreciação dos inquiridos descrita no Gráfico 6, revela que, 90% dos inqueridos afirmam que o novo modelo permite uma melhor integração das questões de prevenção e de produção. Apenas 10% da amostra discorda do modelo integrado.

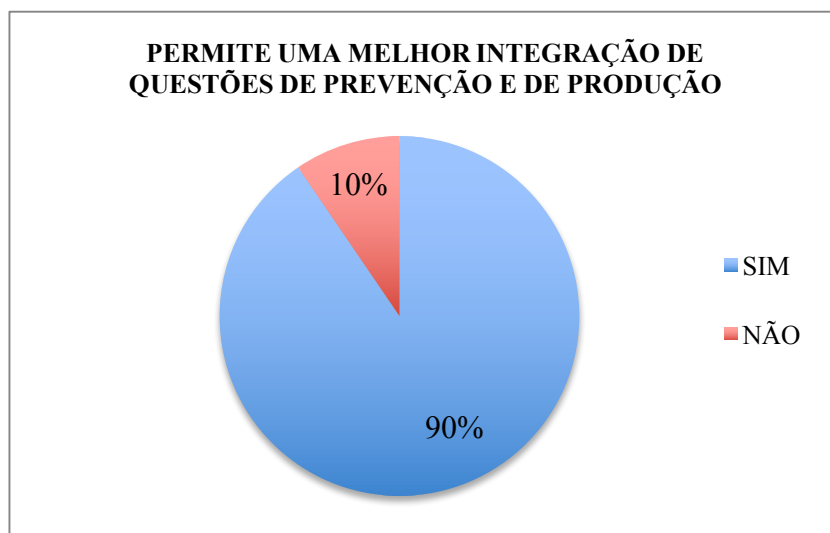


Gráfico 6: Resultado do inquérito à segunda questão

c) Perceção de medidas preventivas, através da visualização do modelo acessível

Segundo os resultados descritos no Gráfico 7, 97% dos inquiridos concorda que o modelo é acessível e traduz-se num melhor entendimento das medidas preventivas. Somente 3% se opõem à perceção das medidas preventivas através do modelo.

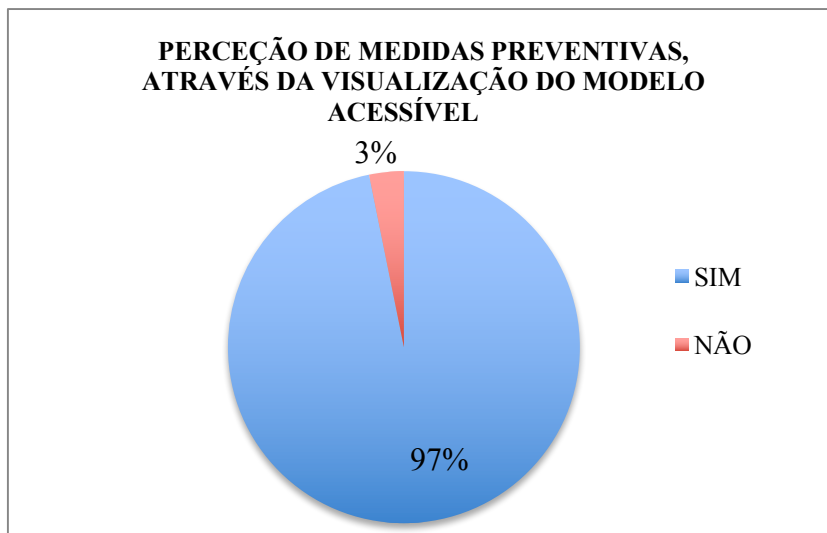


Gráfico 7: Resultados do inquérito à terceira questão

d) qualidade da informação de segurança representada, com capacidade de uso do modelo para ações de formação

Os resultados apresentados no Gráfico 8, mostram que 98%, afirmam que a qualidade da informação da segurança permite a sua utilização em ações de formação. No aspeto negativo, 2% dos inquiridos discorda da utilidade do modelo para ações de formação aos trabalhadores no âmbito da prevenção

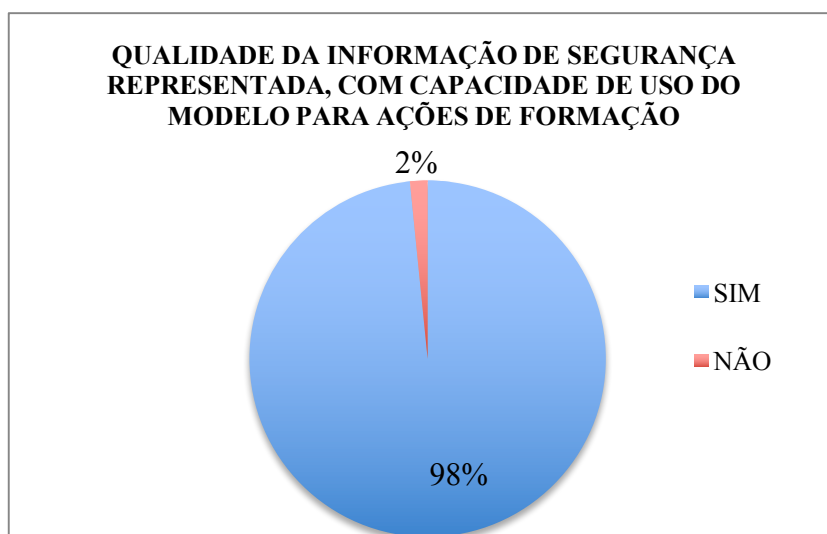


Gráfico 8: Resultado do inquérito à quarta questão

e) **carateriza-se como um método mais eficaz comparando com o atual modelo de prevenção**

Os inquiridos contribuíram com a sua opinião descrita no Gráfico 9, analisando-o verifica-se que 94% dos inquiridos concordam que o novo método se caracteriza como mais eficaz comparando com o atual modelo de prevenção. Uma parte da amostra, 6% penaliza a eficácia do novo modelo comparando com o atual.

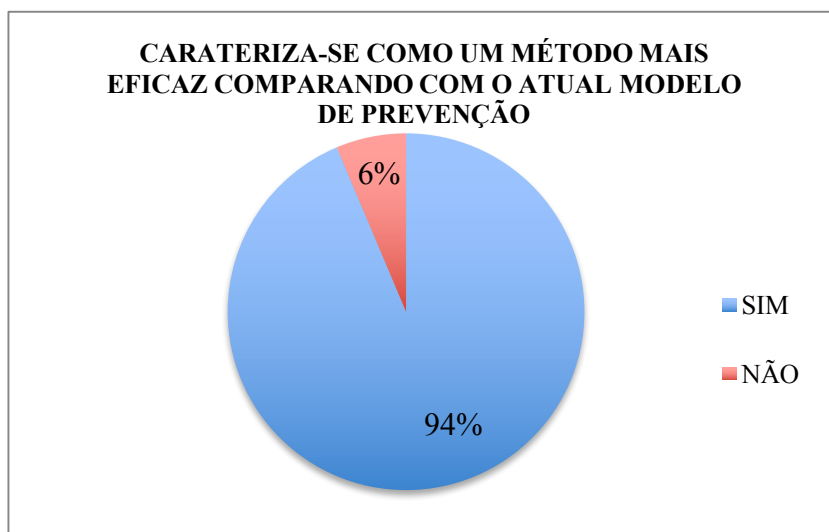


Gráfico 9: Resultado do inquérito à quinta questão

O Gráfico 10 apresenta o resumo dos resultados obtidos no inquérito, indicando que de um modo geral a metodologia é bem aceite pela comunidade da construção civil em Portugal.

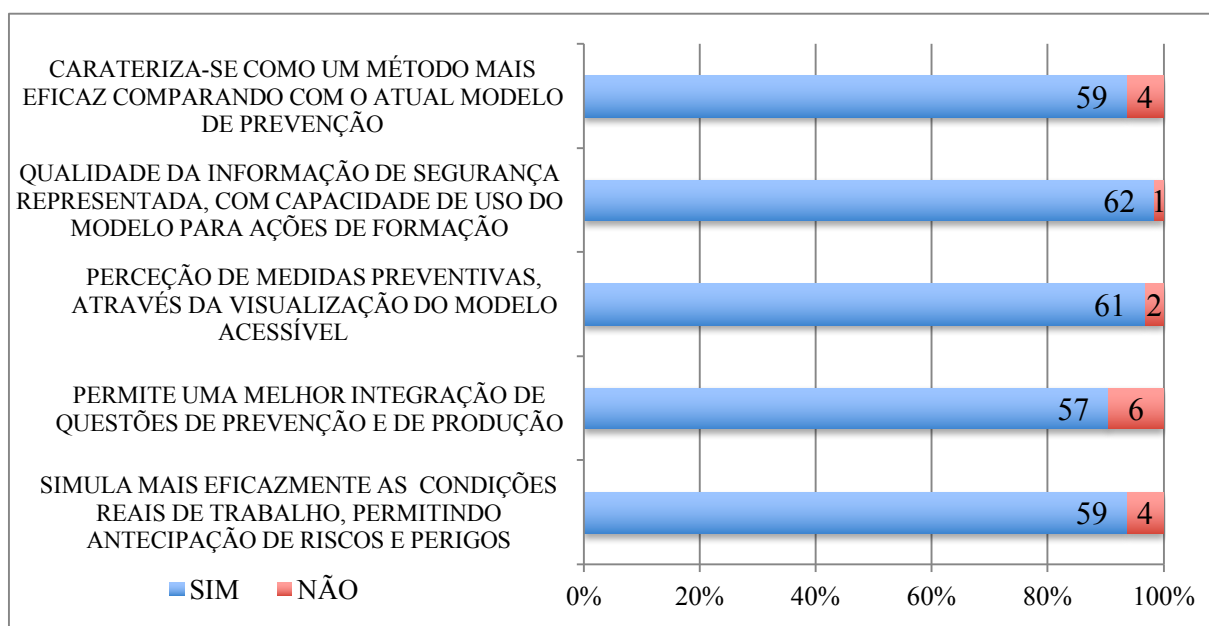


Gráfico 10: Síntese dos resultados às questões realizadas no inquérito aos trabalhadores da construção civil.

5.4. Comentários de especialistas

Durante a realização do inquérito alguns especialistas demonstraram a sua opinião quanto implementação da nova metodologia, através de breves comentários.

- “Apesar de entender como vantajosa a utilização do 3D planeamento de prevenção, há algumas considerações mais a fazer.

Ao lado positivo, acrescentaria que se o sistema estiver integrado a condições de orçamento (4D), outras vantagens surgem.

Por outro lado, para tornar-se evidentemente vantajoso, a empresa deve possuir suporte 3D (quem o faça), e não implantar utilização de projetos 3D exclusivamente para apoio à segurança. Outra questão que eu levantaria é: haverão desenhistas que farão a inserção da parte 3D relativo a planeamento de prevenção nos projetos, ou os próprios responsáveis pela segurança farão este trabalho?”

(Diretor De Obra / Encarregado / Fiscal, entre 14 a 19 anos de experiência)

- “Contudo, queria acrescentar o meu ponto de vista acerca deste estudo.

Obviamente que, a tecnologia 3D para apresentação das situações é, em todo o caso, uma mais-valia para a perceção do que se passa.

No entanto, questiono-o acerca de como é que poderia este sistema ser implementado em Portugal, sendo que a maioria das coordenações de segurança e até os técnicos de segurança em obra pode não ter competência nem capacidade para dimensionar estas soluções, sequer até desenhá-las eventualmente.”

(Dono De Obra/Projetista/Consultor, Diretor De Obra/Encarregado/Fiscal, Coordenador De Segurança/Técnico De Segurança, entre 1 e 6 anos de experiência)

- “Permita-me acrescentar que não tenho dúvidas que o BIM bem como outras ferramentas adicionais darão um *input* qualitativo, quer diretamente à segurança, bem como indiretamente através da qualidade e planeamento mais rigorosos.”

(Coordenador De Segurança /Técnico De Segurança, entre 14 e 19 anos de experiência)

- “Sem sombra de duvidas que o recurso á visualização 3D das diversas situações é uma mais-valia e ajudará certamente a prevenir acidentes.”

(Diretor De Obra / Encarregado / Fiscal, mais de 20 anos de experiência)

- “Na minha opinião, o modelo BIM é uma metodologia, que de forma rápida e clara se faz a avaliação de riscos de uma empreitada, delineando as medidas preventivas de segurança de uma forma mais segura e eficaz. Acredito que num futuro a médio prazo, este modelo possa integrar os projetos de forma sistemática.

No entanto, no mercado atual da construção civil em obras de média dimensão, não se vê implementado este método, talvez por falta de divulgação, formação e informação dos donos de obra. Seria importante começarem por informarem os donos de obra da presente metodologia e das suas vantagens, de modo a que estes implementem nos projetos que lançam. Esta metodologia só será usada de uma forma global, quando a legislação de contratação pública o exigir, à semelhança do que já se noutros países.

Penso que as universidades como fonte de informação poderão ter um papel importante na divulgação do modelo, assim como preparando novos empreendedores que saem das universidades, com uma mentalidade vocacionada para a prevenção de acidentes de trabalho, que será o grande objetivo deste método.”

(Coordenador De Segurança /Técnico De Segurança, entre 7 e 13 anos de experiência)

6. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

O presente capítulo destina-se à discussão dos resultados obtidos no inquérito realizado aos especialistas da construção. Surge também a necessidade de realizar uma comparação entre os resultados obtidos com os dos estudos já realizados neste mesmo âmbito, averiguando se vão de encontro às apreciações já existentes a nível internacional.

A amostra inquirida apresenta as seguintes características:

- É constituída por trabalhadores de diversas áreas da construção, desde o operário ao engenheiro civil, pois um dos objetivos do estudo é a avaliação e o parecer da nova metodologia por parte de todos os trabalhadores da construção, mediante as funções que desempenham;
- Apresenta mais indivíduos na área da coordenação da segurança, seguido de operários da construção civil, sucedendo diretores de obra, encarregados e fiscais e por último, em menor número, donos de obra, projetistas e consultores. Mais de metade da amostra tem um curso superior com licenciatura ou mestrado, portanto a amostra apresenta elementos instruídos na matéria em estudo;
- A maior parte dos inquiridos pertence à faixa etária entre os 29 e os 50 anos, representando 79% da amostra, com uma idade média de 38 anos de idade. Esta característica aponta para que os inquiridos possam ainda não estar familiarizados com as novas tecnologias;
- Ainda de referir que 63% dos trabalhadores tem mais do que 7 anos de experiência, situando-se a média de anos de experiência nos 12,5 anos. Esta particularidade aponta para que a maioria dos inquiridos adote a utilização do atual modelo prevenção, constituindo uma resistência à mudança de paradigma.

A análise dos resultados obtidos na aplicação do inquérito por questionário aos 63 trabalhadores da construção, comparando com os estudos já desenvolvidos a nível internacional permitiu observar que:

Questão 1:

- Grande parte dos trabalhadores (94% dos inquiridos), considera que associar a prevenção à nova metodologia BIM permite uma simulação mais eficaz das condições reais de trabalho, possibilitando a antecipação de riscos e perigos. A minoria discordante (6% da amostra) respondeu que não é útil a adoção desta ferramenta na prevenção. Os quatro trabalhadores que discordam da eficácia na simulação das condições de trabalho da nova metodologia integram o mesmo grupo de faixa etária (superior a 40 anos de idade), dois deles operários da construção civil (com o 2º ciclo) e com mais de 20 anos de experiência, os restantes enquadram-se no grupo de dono de obra/ projetista /consultor e coordenação de segurança/ técnico de segurança, com licenciatura e entre 14 e 19 anos de experiência profissional. Esta discordância reflete-se na resistência, por parte dos trabalhadores vulgarizados com o método tradicional, face à inovação que a associação do BIM à prevenção implica, aquando a mudança de paradigma. A análise vai de encontro a Azhar and Behring, em 2013, que realizaram um estudo onde foram utilizadas simulações dinâmicas (4D), renderizações 3D para identificar perigos e comunicar o plano de gestão de segurança aos trabalhadores. Os resultados indicaram que as ferramentas dinâmicas 3D / 4D são mais eficazes no planeamento da segurança, em comparação com os desenhos estáticos 2D, isto porque permitem a simulação das condições reais do local de trabalho. [48]

Questão 2:

- Estudos internacionais abordam a falta de integração entre construção e segurança, considerando os modelos 4D como inovadores, sendo uma ferramenta importante na colaboração entre o conceção e construção da infraestrutura, permitindo incorporar a segurança associada ao cronograma construtivo [67]. Os resultados obtidos reforçam os de Benjaoran and Bhokha, em que grande parte dos inquiridos consideram que a utilização da nova metodologia permite uma melhor integração de questões de prevenção e de produção. Apenas 10% da amostra discorda do modelo integrado. Os seis inquiridos que responderam negativamente à questão possuem mais de 40 anos de idade. Dentro deste grupo, dois são operários da construção civil (2º ciclo) e apresentam mais de 20 anos de experiência. Dos restantes, dois são diretores de obra/encarregados/ficiais com licenciatura e dois enquadram no conjunto de dono de

obra/ projetista /consultor e coordenação de segurança/ técnico de segurança, com licenciatura e entre 14 e 19 anos de experiência profissional. Num modelo integrado é necessário que todas as especialidades estejam em acordo, bem como todos os intervenientes. Visto que a colaboração anteriormente referida ainda não é uma realidade, poderá justificar a percentagem discordante.

Questão 3:

- Globalmente os inquiridos consideraram que a aplicação do conceito *BIMSafety* proporciona uma perceção de medidas preventivas mais eficiente, através da visualização de um modelo acessível. Os resultados vão de encontro ao estudo realizado por Kiviniemi e Sulankivi em 2011, que testou a utilidade da comunicação de segurança através de um modelo 4D. Este novo método visa melhorar a compreensão e a perceção sobre os acontecimentos em obra. Estas associações da prevenção, foram consideradas um meio importante para aumentar a segurança. O uso do BIM permite a produção de planos com mais detalhe e informações úteis, no sentido de facilitar a compreensão das medidas preventivas nas tarefas [63]. A ideia fundamental baseia-se na apresentação da informação de segurança próxima dos trabalhadores e no respetivo ambiente operacional [85]. Apenas 3% dos inquiridos discordam da utilidade do novo modelo na perceção das medidas preventivas. Esta percentagem corresponde a dois inquiridos, um operário da construção civil (2º ciclo) e outro incluído no grupo dono de obra/ projetista /consultor e coordenação de segurança/ técnico de segurança (com licenciatura), com mais de 14 anos de experiência profissional e na classe superior a 40 anos de idade. Este parecer é possivelmente justificável pela opinião conservadora e a inércia à mudança.

Questão 4:

- Na generalidade os intervenientes no inquérito aprovam a qualidade da informação de segurança representada, com capacidade de uso do modelo para ações de formação. O novo método de visualização permite desenvolver a capacidade de assimilação das questões de prevenção, reforçando os resultados de que o uso do BIM associado à segurança é eficiente na identificação de riscos, bem como na comunicação do plano de segurança aos trabalhadores. A pesquisa reforça o estudo realizado por Azhar and

Behringer que indica que uma abordagem à segurança baseada em BIM facilita o controlo de acidentes em comparação com o plano de segurança tradicional [48]. Somente 2% dos inquiridos consideram que esta nova abordagem é desfavorável na formação dos trabalhadores no âmbito da segurança. O trabalhador discordante é operário da construção civil, com mais de 50 anos e mais de 20 anos de experiência profissional. Significando que possivelmente a idade e a rotina vão contra a utilização das novas tecnologias.

Questão 5:

- Grande percentagem dos intervenientes no inquérito concorda que a implementação da nova metodologia caracteriza-se como um método mais eficaz comparativamente ao atual modelo de prevenção. Uma menor parte da amostra (6%) discorda da eficácia do novo modelo, correspondendo a quatro inquiridos, dos quais dois são operários da construção civil e dois trabalhadores integrantes no conjunto de dono de obra/ projetista /consultor e coordenação de segurança/ técnico de segurança, estes constituem os inquiridos que reafirmaram a mesma opinião ao longo de todo o questionário. Estes resultados podem ser mais uma vez justificados pela habitual utilização do atual modelo de segurança. A resistência à mudança constitui um aspeto fundamental na oposição à adoção do novo método.

No geral a metodologia é bem aceite na comunidade inquirida, excetuando um grupo reduzido de quatro inquiridos caracterizado por dois operários da construção civil e dois membros pertencentes ao grupo de dono de obra/ projetista /consultor e coordenação de segurança/ técnico de segurança. O grupo é representado essencialmente por trabalhadores com experiência acima de 14 anos e de idade superior a 40 anos, constituindo o grupo resistente a esta mudança de paradigma.

7. CONCLUSÃO

Este capítulo encontra-se dividido em dois subcapítulos: o primeiro relativo às conclusões gerais que resultam do desenvolvimento da dissertação e o segundo às sugestões de trabalhos futuros, no sentido de dar continuidade ao estudo desenvolvido.

Esta dissertação cumpriu com os objetivos iniciais estabelecidos, focando-se na otimização da prevenção, através da metodologia BIM, evidenciando a importância de integrar toda esta informação no planeamento da construção, de modo a auxiliar, melhorar e a revigorar o panorama da segurança.

7.1. Conclusões gerais

O desenvolvimento do presente trabalho permitiu compreender as principais lacunas presentes na segurança e saúde na construção e definir como solução a integração da prevenção nos modelos BIM, concluindo que:

- A visualização dos elementos de prevenção necessários para a realização da obra facilitou o reconhecimento de perigos em fase projeto, através da associação de riscos e medidas preventivas aos elementos construtivos, apresentado resultados positivos;
- O inquérito foi implementado com sucesso a vários especialistas da construção, o que permitiu obter uma opinião e a respetiva aceitação por parte dos diferentes grupos integrantes da construção civil;
- O grupo de especialistas pertencentes à área da prevenção demonstrou-se interessado e crítico, expondo a sua opinião quanto à implementação da desta nova abordagem;
- Tendo em conta os comentários dos especialistas, verifica-se que estes concordam com a utilização da metodologia e consideram que será uma mais-valia na prevenção de acidentes;
- De acordo com a opinião dos inquiridos, destacam-se algumas preocupações relacionadas com o facto do BIM não estar acessível a toda a indústria da construção, o que é um impedimento à aplicação da proposta;

- Os inquiridos apresentam ainda preocupações ao nível da utilização da ferramenta BIM, uma vez que o mesmo se apresenta como um fator de entrave devido à falta de formação na área;
- Por fim, os especialistas inquiridos consideram que as condições de orçamento devem ser incluídas nesta nova abordagem;
- Quase a totalidade dos inquiridos aprovaram a associação da prevenção à nova abordagem, revelando uma abertura por parte da comunidade à alteração do modo como são transmitidas as medidas preventivas;
- A nova metodologia permite uma gestão da segurança eficaz em fase de projeto, com a participação de todos os intervenientes;
- A aplicação do BIMSafety origina uma nova abordagem ao PSS, designadamente planos de estaleiro, movimentação mecânica de cargas e de proteções coletivas;
- A adoção do novo formato nos planos específicos estudados é vista como vantajosa comparativamente com o modelo tradicional, nomeadamente ao nível da visualização e compreensão das condições reais de trabalho, identificação de riscos e planeamento de medidas preventivas;
- Esta ferramenta auxilia na comunicação entre todos os intervenientes na obra, nomeadamente, dono de obra, coordenadores de segurança em obra e em projeto, projetistas e operários;
- O novo modo de visualização revela-se útil como instrumento de apoio a ações de formação;
- O modelo permite alertar os trabalhadores para a exposição aos riscos das tarefas em obra;
- A nova proposta apresenta uma visualização simples e informatizada, evitando desenhos ilegíveis;
- Esta nova abordagem possibilita uma melhor integração entre a produção e a segurança;
- Uma consulta do projeto neste formato permite esclarecer dúvidas de execução e planeamento, através de visualização 3D, evitando perdas de tempo, que em obra, é valioso;
- O modelo oferece confiança a todos os intervenientes, uma vez que tudo é planeado e revisto atempadamente e atualizado automaticamente, face às circunstâncias e condicionalismos concretos da obra.

Em suma, com a utilização do BIM na gestão da segurança nos estaleiros é possível um maior controlo dos mesmos, uma vez que, com a visualização 3D em tempo real, possibilita a manipulação do estaleiro e a escolha do melhor método de conjugar todas as situações acima descritas, evitando comportamentos de risco, prevenindo-os atempadamente, e conduzindo a uma gestão otimizada da segurança e saúde nos estaleiros.

O desenvolvimento da dissertação permitiu criar o conceito do “BIMSafety”, que utiliza ferramentas BIM para planeamento da prevenção em fase de projeto e de obra. A implementação deste conceito encontra-se a ser desenvolvido pela Xispoli Engenharia e pela Universidade do Minho, conciliando o seu conhecimento e experiência técnico e científico.

A utilização do “BIMSafety” será uma mais-valia na segurança da construção, pois irá auxiliar na identificação de riscos e na implementação de medidas preventivas.

Constatou-se que a abordagem à prevenção deve tomar um novo rumo, sendo fundamental a integração da prevenção com as restantes especialidades do projeto. O trabalho desenvolvido facilita a gestão da informação no processo de construção e na fase de projeto, construção, manutenção e demolição dos edifícios.

Por último, conclui-se que os especialistas intervenientes no inquérito consideram que a aplicação desta nova abordagem é uma opção viável e passível de ser aplicada em projetos futuros.

Considera-se que o trabalho realizado é um primeiro passo no sentido solucionar o modo de promover o planeamento da segurança. A continuidade do projeto é essencial para ultrapassar as atuais lacunas da segurança e permitir a evolução e integração da mesma.

7.2. Perspetivas para trabalhos futuros

O trabalho apresentado foi desenvolvido tendo em vista a resolução de uma das principais dificuldades no modo e planeamento da segurança, cujo objetivo é englobar o BIM na prevenção.

Com o objetivo de dar seguimento ao tema abordado, alcançando um funcionamento correto e eficaz, propõem-se a realização de trabalhos nos seguintes aspetos:

- Promoção da utilização do BIM em todo o projeto de construção, apresentando as diversas vantagens que representa, não só ao nível da segurança como em todo o processo construtivo;
- Automatização do conceito BIMSafety exposto na dissertação e concebida em parceria com a Xispoli Engenharia e EEUM. No momento, o conceito aplica-se em elementos construtivos manualmente, sendo moroso e trabalhoso. Um processo automático para a aplicação do conceito pode levar a uma maior adesão por parte da comunidade;
- Desenvolver bibliotecas BIM na área da segurança. A modelação de objetos BIM utilizados nesta área será vantajosa no desenvolvimento da integração a prevenção nos modelos BIM, fortalecendo o planeamento da segurança;
- Elaboração de uma componente da segurança nos programas BIM, consciencializando as *Softwarehouse* neste sentido. Este ponto seria fundamental na integração da prevenção na metodologia BIM, passando a segurança a ser igualmente valorizada no desenvolvimento do projeto, comparando com as diversas especialidades da área da construção;
- Criar um *plug in* específico da prevenção nos programas BIM, como alternativa à dificuldade e morosidade que o ponto anterior representa. O *plug in* seria de facto uma solução a curto prazo, para uma pronta proliferação da integração da prevenção nos modelos BIM.

O seguimento e realização destas questões levará a que a prevenção seja integrada com o projeto e a produção, valorizando e melhorando o planeamento da segurança.

8. TRABALHOS DESENVOLVIDOS

Este capítulo apresenta os trabalhos desenvolvidos durante a realização da dissertação, com o objetivo da divulgação dos resultados alcançados com a investigação (Anexo VI).

Os trabalhos realizados assumiram diferentes vertentes através de exposições orais apresentadas em conferências e de publicações de artigos em congresso e revistas.

Os artigos desenvolvidos têm as seguintes referências :

- Publicação de um artigo na Revista segurança, Anexo VI.a

R. Reis, M. Tender, J. Couto, C. Lopes, e T. Cunha, (2017). A Integração do BIM na Gestão da Prevenção na Construção. Revista Segurança. Lisboa, pp. 7–8, 2017.

- Apresentação de um artigo e comunicação no II Congresso Luso-Brasileiro de Segurança e Saúde Ocupacional e Ambiental, Rio de Janeiro, Brasil, Anexo VI.b

Tender, M., Couto, J., Reis, R., Fernandes, J., Lopes, C., Cunha, T. (2017). Utilização do BIM na gestão de segurança do estaleiro da construção do Túnel do Marão. Comunicação oral apresentada no II Congresso Luso-Brasileiro de Segurança e Saúde Ocupacional e Ambiental, Rio de Janeiro, Brasil

- Apresentação de um artigo e comunicação no VIII Encontro Norte Portugal-Galiza, Vigo, Espanha Galiza, Anexo VI.c

Tender, M., Couto, J., Reis, R., Fernandes, J., Lopes, C., Cunha, T. (2017). A utilidade do BIM na prevenção de acidentes de trabalho. Comunicação oral apresentada no VIII Encontro Norte Portugal-Galiza, Vigo, Espanha

- Submissão de um artigo no Rehabend 2018, Anexo VI.d

Tender, M., Couto, J., Reis, R., Fernandes, J., Lopes, C., Cunha, T. (2017). "O BIM (Building Information Modeling) como instrumento de prevenção em fase de projeto e de obras de reabilitação". Rehabend 2018. (submetido)

- Apresentação de um artigo e comunicação no XXI Congresso da Ordem dos Engenheiros-Engenharia e Transformação Digital: Lisboa, Anexo VI.e

Tender, M., Couto, J., Reis, R., Lopes, C. (2017). O BIM (Building Information Modelling) como instrumento de prevenção em fase de projeto e de obra. XXI Congresso da Ordem dos Engenheiros-Engenharia e Transformação Digital: Lisboa

- Submissão de um resumo 2º Congresso Português de Building Information Modelling, Anexo VI.f

Tender, M., Couto, J. Reis, R., Lopes, C., Cunha, T. O BIM como ferramenta de prevenção de acidentes e trabalho. 2º Congresso Português de Building Information Modelling. Azenha et al. (submetido)

- Submissão de um artigo no Occupational Safety and Hygiene VI, Anexo VI.g

Tender, M., & Couto, J., Reis, R., Lopes, C., Cunha, T. BIM as an instrument for prevention. Occupational Safety and Hygiene VI (submetido)

As apresentações orais realizadas foram:

- Apresentação de uma comunicação no Fórum Internacional - "Paradigmas da Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho", Luanda, Angola, Anexo VI.h

Tender, M., Couto, J., Reis, R., Lopes, C, Cunha, T. (2017). A Segurança ao serviço da Produção. Comunicação oral apresentada na Fórum Internacional - "Paradigmas da Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho", Luanda, Angola.

- Apresentação de uma comunicação na 5th International Conference on Construction Safety and Health, Nicósia, Chipre, Anexo VI.i

Tender, M., Couto, J., Reis, R., Fernandes, J., Lopes, C., Cunha, T. (2017). BIMSafety – at the service of production. Comunicação oral apresentada na 5th International Conference on Construction Safety and Health, Nicósia, Chipre.

- Apresentação de uma comunicação no ISEP BIM Trends and Inovation, Porto, Anexo VI.j

Tender, M., Couto, J., Reis, R., Fernandes, J., Lopes, C., Cunha, T. (2017). O BIM e a higiene e segurança no trabalho. Comunicação oral apresentada no ISEP BIM Trends and Innovation, Porto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] *Lei 102/2009 de 10 Setembro - Regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho*, vol. 176. Portugal, 2009, pp. 6167–6192.
- [2] *Decreto-Lei no 273/2003 de 29 de Outubro do Ministério da Segurança Social e do Trabalho*. Portugal: Diário da República, 2003.
- [3] A. Pinto, *Manual de Segurança- Segurança, Restauro e Conservação de Edifícios*, 4ª Edição. Lisboa: Edições Sílabo, Lda, 2012.
- [4] S. Zhang, J. Teizer, N. Pradhananga, e C. M. Eastman, «Workforce location tracking to model, visualize and analyze workspace requirements in building information models for construction safety planning», *Automation in Construction*, vol. 60, pp. 74–86, 2015.
- [5] V. Silva, «Análise de Risco na Construção – Guia de Procedimentos para a Gestão», Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2012.
- [6] H. Gomes, P. Arezes, e L. Vasconcellos, «A Construção Civil e a Gestão de Saúde e Segurança no Brasil e em Portugal: um olhar sobre as obras de pequena dimensão», em *SHO- 2016*, 2016, pp. 99–101.
- [7] A. D. R. Fontes, «Proposta de Sistema de Gestão da Manutenção de Edifícios Suportado por Ferramentas BIM», Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2014.
- [8] A. Soeiro e J. P. P. Martins, «Aplicações recentes no uso de BIM na Segurança na Construção», em *1º Congresso Português de Building Information Modelling*, 2016, pp. 419–425.
- [9] J. Lappalainen, T. Mäkelä, P. Piispanen, E. Rantanen, e S. Sauni, «Characteristics of occupational accidents at shared workplaces.», em *Nordic Research Conference on Safety. June 13 – 15, 2007*, 2007.
- [10] *Diretiva do Conselho n.º 89/391/CEE, 12 Junho de 1989*, vol. L391. 1989, pp. 1–15.
- [11] J. M. C. Teixeira, «Segurança e saúde na Construção - legislação». Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho, 2009.
- [12] S. Zhang, K. Sulankivi, M. Kiviniemi, I. Romo, C. M. Eastman, e J. Teizer, «BIM-based fall hazard identification and prevention in construction safety planning», *Safety Science*, vol. 72, pp. 31–45, 2015.
- [13] M. Tender, J. Couto, R. Reis, J. Fernandes, C. Lopes, e T. Cunha, «O BIM e a higiene e segurança no trabalho». Comunicação oral apresentada no ISEP BIM Trends and Innovation, Porto, 2017.

- [14] L. Zhang, X. Wu, M. J. Skibniewski, J. Zhong, e Y. Lu, «Bayesian-network-based safety risk analysis in construction projects», *Reliability Engineering and System Safety*, vol. 131, pp. 29–39, 2014.
- [15] G. Carter e S. D. Smith, «Safety Hazard Identification on Construction Projects», *Journal of Construction Engineering & Management*, vol. 132, n. 2, pp. 197–205, 2006.
- [16] H. Guo, Y. Yu, e M. Skitmore, «Visualization technology-based construction safety management: A review», *Automation in Construction*, vol. 73, pp. 135–144, 2017.
- [17] H. Son, S. Lee, e C. Kim, «What drives the adoption of building information modeling in design organizations? An empirical investigation of the antecedents affecting architects' behavioral intentions», *Automation in Construction*, vol. 49, n. PA, pp. 92–99, 2015.
- [18] C. S. Park e H. J. Kim, «A framework for construction safety management and visualization system», *Automation in Construction*, vol. 33, pp. 95–103, 2013.
- [19] K.-Y. Lin, M.-H. Tsai, U. C. Gatti, J. Je-Chian Lin, C.-H. Lee, e S.-C. Kang, «A user-centered information and communication technology (ICT) tool to improve safety inspections», *Automation in Construction*, vol. 48, pp. 53–63, 2014.
- [20] M. Golparvar-Fard, F. Peña-Mora, C. A. Arboleda, e S. Lee, «Visualization of Construction Progress Monitoring with 4D Simulation Model Overlaid on Time-Lapsed Photographs», *Journal of Computing in Civil Engineering*, vol. 23, n. 6, pp. 391–404, 2009.
- [21] R. Shah e J. Edwards, «Investigation of health and safety impact from the “Site BIM” tools in the live construction sites», *Journal of Construction Engineering and Project Management*, vol. 6, n. 2, pp. 1–7, 2016.
- [22] ACT, «Autoridade para as Condições do Trabalho». [Online]. Disponível em: [http://www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/CentroInformacao/Estatistica/Paginas/default.aspx](http://www.act.gov.pt/(pt-PT)/CentroInformacao/Estatistica/Paginas/default.aspx). [Acedido: 10-Mai-2017].
- [23] M. Merivirta, «Turvallisuusviestintä rakennusallalla», University of Jyväskylä, 2011.
- [24] Safety Science Group, «Safety in construction?», *European Safety and Reliability Conference, ESREL 2013*, pp. 1585–1593, 2013.
- [25] J. C. De Oliveira, *Segurança e saúde no trabalho: uma questão mal compreendida*, vol. 17, n. 2. 2003, pp. 03–12.
- [26] J. Medeiros e C. Rodrigues, «A existência de riscos na indústria da Construção Civil e sua relação com o saber operário», 1998.
- [27] A. Cabrito, «A Segurança e Saúde no Trabalho da Construção em Portugal A Situação Actual», pp. 69–76, 2004.

- [28] M. Tender, J. Couto, J. Baptista, R. Martins, e M. F. Rodrigues, «Riscos emergentes decorrentes do dilema/produção- aplicação ao setor da construção», em *Proceedings book of the International Symposium on Occupational Safety and Hygiene - SHO2014*, 2014, p. 495.
- [29] Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho, «A Liderança da Gestão em Matéria de Segurança e Saúde no Trabalho- Guia prático». p. 24, 2012.
- [30] L. C. Freitas e T. C. Cordeiro, *Segurança e saúde do trabalho: Guia para micro,pequenas e médias empresas*. 2013.
- [31] R. Lourenço, «Dilemas entre a produção e a segurança na indústria da construção- o caso Ponte de S. João», Faculdade de Engenharia Universidade do Porto.
- [32] M. Venturelli, «(<https://www.automacaoindustrial.info/>)», *Indústria 4.0: Uma Visão da Automação Industrial*, 2010. [Online]. Disponível em: <http://www.automacaoindustrial.info/industria-4-0-uma-visao-da-automacao-industrial/>. [Acedido: 15-Abr-2017].
- [33] Deloitte, «4.0 Indústria», *COTEC Portugal*, 2017. [Online]. Disponível em: https://www.industria4-0.cotec.pt/wp-content/uploads/2017/07/industria4_0medidas-pt.pdf. [Acedido: 12-Abr-2017].
- [34] F. Liberal, «A Indústria 4.0 vai mudar o mundo», *In Tecnologia*, 2016. [Online]. Disponível em: <http://ofuturodascoisas.com/a-industria-4-0-vai-transformar-o-mundo/>. [Acedido: 05-Mai-2017].
- [35] C. B. Silveira, «O Que é Indústria 4.0 e Como Ela Vai Impactar o Mundo», *Citisystems*, 2016. [Online]. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>. [Acedido: 14-Mar-2017].
- [36] BuildingSMART e National BIM Standard - United States, «National BIM Standard - United States™ Version 2 - Chap.5 (+CMM)», *Nbims-Us*, p. 182, 2007.
- [37] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, e K. Liston, *BIM Handbook-A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. USA: John Wiley & Sons, Inc., 2008.
- [38] WIQI, «BIM». [Online]. Disponível em: <https://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/index.php?title=BIM>. [Acedido: 20-Abr-2017].
- [39] S. Rufflelt, «Architectural design exposed: from computer-aided drawing to computer-aided design», *Environment & Planning B*, n. 1982, pp. 385–389, 1986.
- [40] Wikipedia, «Building information modeling». [Online]. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Building_information_modeling. [Acedido: 26-Abr-2017].

- [41] G. A. van Nederveen e F. P. Tolman, «Modelling multiple views on buildings», *Automation in Construction*, vol. 1, n. 3, pp. 215–224, 1992.
- [42] R. Sacks, «Modern Construction: Lean Project Delivery and Integrated Practices», *Construction Management and Economics*, vol. 31, n. 4, pp. 394–396, 2013.
- [43] Autodesk Inc., «White paper: Building Information Modeling», *Autodesk Building Industry Solutions*, pp. 1–7, 2002.
- [44] A. Monteiro e J. Martins, «Building Information Modeling (BIM) - teoria e aplicação», *International Conference on Engineering UBI*, p. 10, 2011.
- [45] S. Azhar, «Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry», *Bazjanac 2006*, pp. 241–252, 2011.
- [46] H.-J. Bargstädt, «Challenges of BIM for construction site operations», *Procedia Engineering*, vol. 117, n. 1, pp. 52–59, 2015.
- [47] L. Van Berlo e M. Natrop, «BIM on the construction site: Providing hidden information on task specific drawings», *Journal of Information Technology in Construction*, vol. 20, n. November 2014, pp. 97–106, 2015.
- [48] S. Azhar e A. Behringer, «A BIM-based Approach for Communicating and Implementing a Construction Site Safety Plan», em *49th ASC Annual International Conference Proceedings*, 2013.
- [49] Y. Zou, A. Kiviniemi, e S. W. Jones, «A review of risk management through BIM and BIM-related technologies», *Safety Science*, vol. 97, pp. 88–98, 2017.
- [50] A. Aguilera, M. López-Alonso, M. Martínez-Rojas, e M. Martínez-Aires, «Review of the state of knowledge of the BIM methodology applied to health and safety in construction», em *Occupational Safety and Hygiene V: Selected papers from the International Symposium on Occupational Safety and Hygiene (SHO 2017)*, 2017.
- [51] J. Wang, S. Zhang, e J. Teizer, «Geotechnical and safety protective equipment planning using range point cloud data and rule checking in building information modeling», *Automation in Construction*, vol. 49, pp. 250–261, 2015.
- [52] H. Guo, H. Li, G. Chan, e M. Skitmore, «Using game technologies to improve the safety of construction plant operations», *Accident Analysis and Prevention*, vol. 48, pp. 204–213, 2012.
- [53] S. S. Kumar e J. C. P. Cheng, «A BIM-based automated site layout planning framework for congested construction sites», *Automation in Construction*, vol. 59, pp. 24–37, 2015.
- [54] S. Zhang, J. Teizer, J. K. Lee, C. M. Eastman, e M. Venugopal, «Building Information Modeling (BIM) and Safety: Automatic Safety Checking of Construction Models and

- Schedules», *Automation in Construction*, vol. 29, n. January, pp. 183–195, 2013.
- [55] K. Sulankivi e K. Kähkönen, «4D-BIM for construction safety planning», em *W099-Special Track 18th CIB World Building Congress*, 2010, n. May, p. 117.
- [56] S. Azhar, «Role of Visualization Technologies in Safety Planning and Management at Construction Jobsites», *Procedia Engineering*, vol. 171, pp. 215–226, 2017.
- [57] K. Sulankivi *et al.*, «Utilization of BIM-based Automated Safety Checking in Construction Planning», em *Proceedings of the 19th International CIB World Building Congress, Brisbane Australia*, 2013, n. April 2016.
- [58] M. (CPWR-T. C. for C. for R. and T.) Le, Jean Christophe, «Building Information Modeling (BIM) for Safety Planning Risks Addressed»: *construction solutions*, 2017. [Online]. Disponível em: http://www.cpwrcolutionsolutions.org/structural_steel/solution/931/building-information-modeling-bim-for-safety-planning.html. [Acedido: 10-Abr-2017].
- [59] H. Malekitabar, A. Ardeshtir, M. H. Sebt, e R. Stouffs, «Construction safety risk drivers: A BIM approach», *Safety Science*, vol. 82, pp. 445–455, Fev. 2016.
- [60] A. Ganah e G. A. John, «Integrating Building Information Modeling and Health and Safety for Onsite Construction», *Safety and Health at Work*, vol. 6, n. 1, pp. 39–45, 2015.
- [61] S. Rajendran e B. Clarke, *Building Information Modeling Safety Benefits & Opportunities*. Professional Safety, 2011.
- [62] E. M. Wetzel e W. Y. Thabet, «The use of a BIM-based framework to support safe facility management processes», *Automation in Construction*, vol. 60, pp. 12–24, 2015.
- [63] B. Carlo, C. Pietro, D. Vincenzo, e F. Nora, «Towards the BIM implementation for historical building restoration sites», *Automation in Construction*, vol. 71, pp. 74–86, 2015.
- [64] G. Hongling, Y. Yantao, Z. Weisheng, e L. Yan, «BIM and Safety Rules Based Automated Identification of Unsafe Design Factors in Construction», *Procedia Engineering*, vol. 164, n. June, pp. 467–472, 2016.
- [65] K. Ku e T. Mills, «Research needs for Building Information Modeling for Construction Safety», em *Proceedings of the 44th ASC National Conference, April 2-5, 2008, Auburn, Alabama, USA*, 2008, p. 8.
- [66] J. Qi, R. R. A. Issa, J. Hinze, e S. Olbina, «Integration Of Safety In Design Through The Use Of Building Information Modeling», em *Proceedings of the 2011 ASCE International Workshop on Computing in Civil Engineering*, 2011, n. 413, pp. 760–767.
- [67] V. Benjaoran e S. Bhokha, «An integrated safety management with construction management

- using 4D CAD model», *Safety Science*, vol. 48, n. 3, pp. 395–403, 2010.
- [68] B. Beatty, «Making BIM Work for Balfour Beatty». Association for Project Safety, pp. 14–15, 2015.
- [69] H. Kim e H. Ahn, «Temporary facility planning of a construction project using BIM (building information modeling)», em *Proceedings of the 2011 ASCE International Workshop on Computing in Civil Engineering*, 2011, pp. 627–634.
- [70] J. Fernandes, M. L. Tender, e J. . Couto, «Using BIM for risk management on a construction site», *SHO- 2017*, Guimarães, 2016.
- [71] M. D. Martínez-Aires, M. López-Alonso, e M. Martínez-Rojas, «Building information modeling and safety management: A systematic review», *Safety Science*, vol. 101, n. October 2015, pp. 11–18, 2018.
- [72] Y. Chan, H. Leung, W. Fung, e M. Leung, «How can BIM support construction safety management ? Development of SIM», em *The 2016 International Building Control Conference (IBCC 2016)*, 2016, pp. 0–6.
- [73] R. Oliveira, «Análise de Práticas de Conservação e Reabilitação de Edifício com Valor Patrimonial», Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, 2003.
- [74] C. Reis, C. Oliveira, M. Meira, e V. Pereira, «Preventive Measures in Rehabilitation of Buildings», em *Occupational Safety and Hygiene II*, 2014.
- [75] Autodesk, «Família Revit - Software BIM - Autodesk», *Autodesk*, 2017. [Online]. Disponível em: <https://www.autodesk.pt/products/revit-family/overview>. [Acedido: 20-Abr-2017].
- [76] .J. Renato A.D., «Revit - Software BIM para Projeto», 2017. [Online]. Disponível em: <http://www.jrrio.com.br/software/revit-software-bim.html>. [Acedido: 16-Abr-2017].
- [77] F. Maritan, «Famílias/ Categorias ? | BIM Revit + construtora virtual», 2013. [Online]. Disponível em: <http://www.bimrevit.com/2013/03/familias-categorias.html>. [Acedido: 16-Abr-2017].
- [78] M. Azenha, J. C. Lino, e J. L. Granja, «O estado da Arte da aplicação BIM na reabilitação urbana». Apresentação na Semana da Reabilitação Urbana de Lisboa 2017, pp. 1–47, 2017.
- [79] A. Monteiro, P. Mêda, e J. Poças Martins, «Framework for the coordinated application of two different integrated project delivery platforms», *Automation in Construction*, vol. 38, Elsevier B.V., pp. 87–99, 2014.
- [80] A. Silva, «Classificação e organização de objetos BIM e sua aplicação em modelos 4D&5D», Escola de Engenharia da Universidade do Minho, 2015.

- [81] B. Environment, «Omniclass - A Strategy for Classifying the Built Environment Table 23 – Products», 2012. .
- [82] R. Reis, M. Tender, J. Couto, C. Lopes, e T. Cunha, «A Integração do BIM na Gestão da Prevenção na Construção», *Revista Segurança*, Lisboa, pp. 7–8, 2017.
- [83] M. Tender, J. Couto, R. Reis, J. Fernandes, C. Lopes, e T. Cunha, «A utilidade do BIM na prevenção de acidentes de trabalho». VIII Encontro Norte Portugal-Galiza, Vigo, Espanha, 2017.
- [84] M. Tender, R. Reis, J. P. Couto, C. Lopes, T. Cunha, e J. Fernandes, «Utilização do BIM na gestão de segurança do estaleiro da construção do Túnel do Marão». II Cong. Luso-Brasileiro de Segurança e Saúde Ocupacional e Ambiental. Rio de Janeiro, Brasil: Proteção Online, 2017.
- [85] M. Kiviniemi, K. Sulankivi, K. Kähkönen, T. Mäkelä, e M. L. Merivirta, *BIM-based safety management and communication for building construction*, n. 2597. 2011.

ANEXOS

Anexo I: Planos específicos do PSS



Frente

1

1 : 200



andaimes

2

1 : 200



estaleiro

3

1 : 200



www.autodesk.com/revit

XISPOLI

Mouzinho

Integração da Prevenção

Project number 0001

Date Issue Date

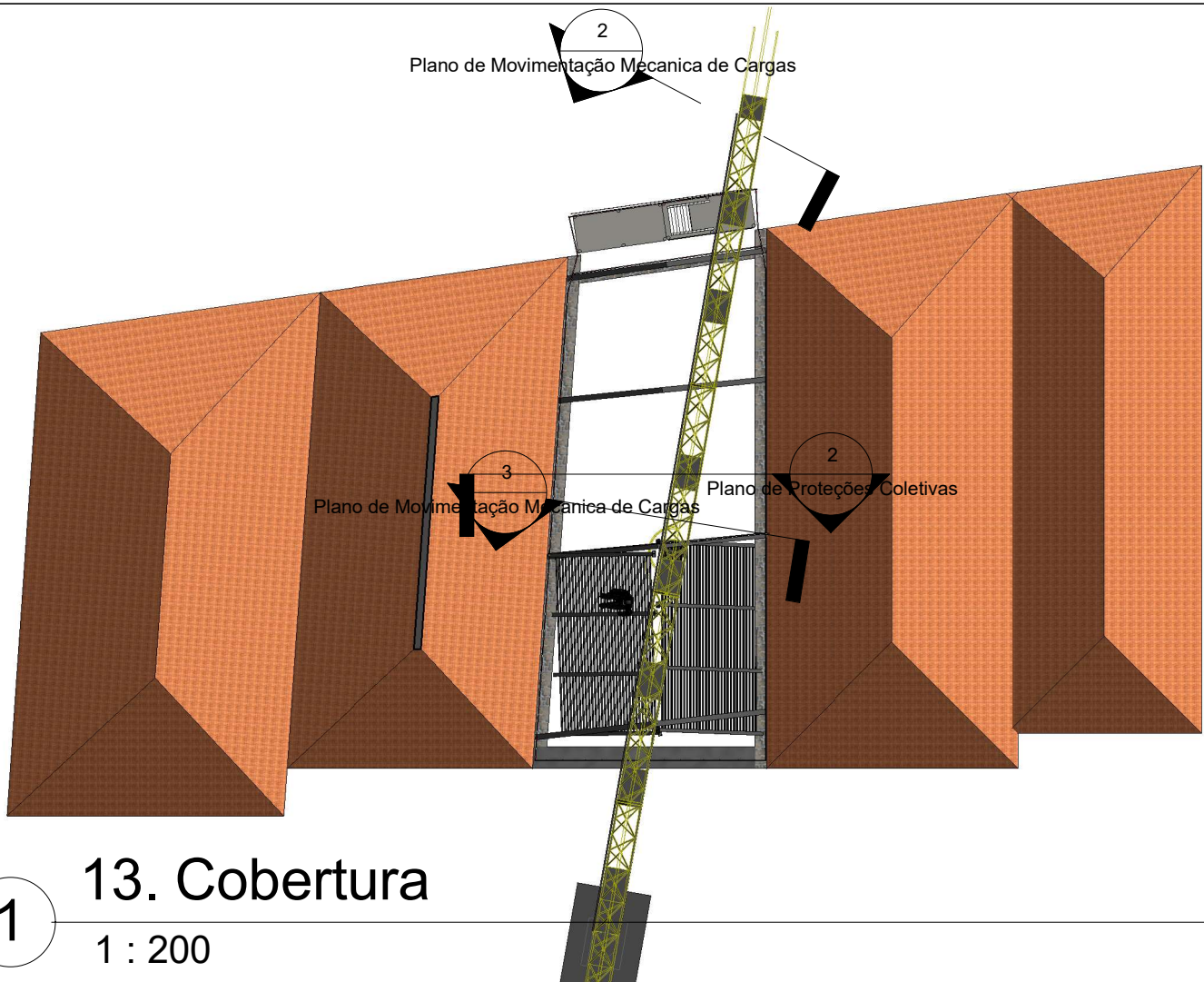
Drawn by Cátia Lopes

Checked by Checker

**Plano de
Estaleiro**

Scale 1 : 200

2
Plano de Movimentação Mecânica de Cargas



13. Cobertura

1

1 : 200



GP

2

1 : 100



GP_2

3

1 : 100



www.autodesk.com/revit

XISPOLI

Mouzinho

Integração da Prevenção

Project number 0001

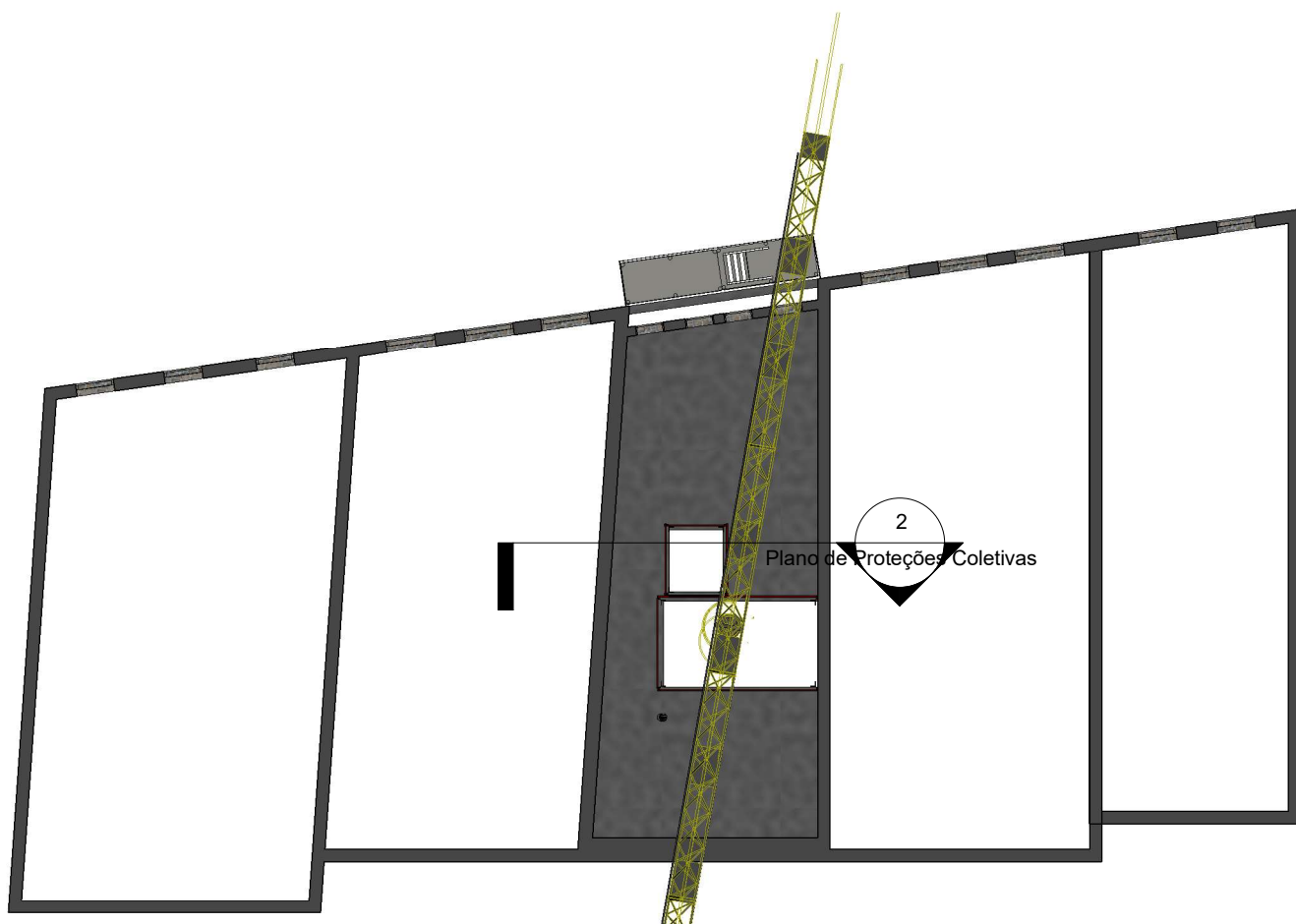
Date Issue Date

Drawn by Cátia Lopes

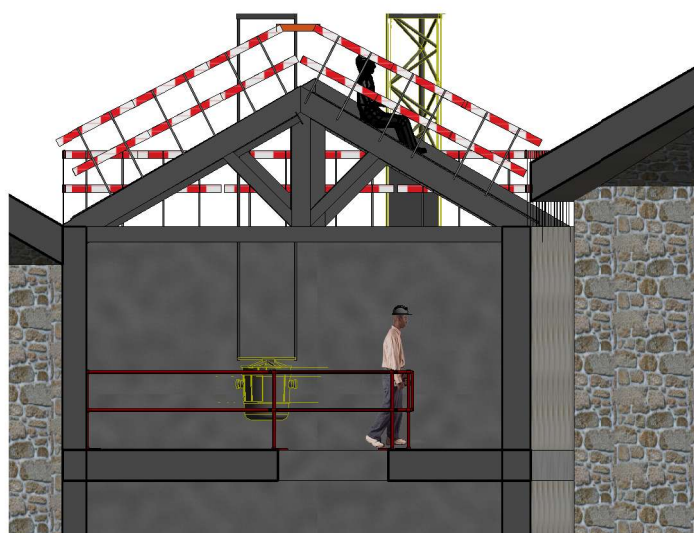
Checked by Checker

Plano de
Movimentação
Mecânica de
Cargas

Scale As indicated



1 10. Piso 3
1 : 200



2 GP_3
1 : 100



www.autodesk.com/revit

XISPOLI

Mouzinho

Integração da Prevenção

| | | | |
|----------------|------------|------------------------------------|--------------|
| Project number | 0001 | Plano de Proteções Coletivas | |
| Date | Issue Date | | |
| Drawn by | Author | | |
| Checked by | Checker | Scale | As indicated |

Anexo II: Lista dos elementos de prevenção utilizados no modelo

Tabela 16: Tabela de quantidades dos elementos de prevenção utilizados no modelo, retirada do Revit

| Site Schedule | | | | | | |
|---------------|-------------|--------------------|---------------|------------------------------|------------------|-----------------|
| Type Comments | Model | Description | Assembly Code | Assembly Description | OmniClass Number | OmniClass Title |
| Andaime | 2,5*1,8*0,9 | Andaime | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.50.85.00 | Scaffolding |
| Andaime | 2,5*1,8*0,9 | Andaime | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.50.85.00 | Scaffolding |
| Andaime | 2,5*1,8*0,9 | Andaime | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.50.85.00 | Scaffolding |
| Andaime | 2,5*1,8*0,9 | Andaime | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.50.85.00 | Scaffolding |
| Andaime | 2,5*1,8*0,9 | Andaime | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.50.85.00 | Scaffolding |
| Andaime | 2,5*1,8*0,9 | Andaime | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.50.85.00 | Scaffolding |
| Andaime | 2,5*1,8*0,9 | Andaime | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.50.85.00 | Scaffolding |
| Andaime | 2,5*1,8*0,9 | Andaime | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.50.85.00 | Scaffolding |
| Andaime | 2,5*1,8*0,9 | Andaime | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.50.85.00 | Scaffolding |
| Andaime | 2,5*1,8*0,9 | Andaime | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.50.85.00 | Scaffolding |
| Andaime | 2,5*1,8*0,9 | Andaime com escada | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.50.85.00 | Scaffolding |
| Andaime | 2,5*1,8*0,9 | Andaime com escada | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.50.85.00 | Scaffolding |
| Andaime | 2,5*1,8*0,9 | Andaime com escada | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.50.85.00 | Scaffolding |
| Andaime | 2,5*1,8*0,9 | Andaime com escada | G9090 | Other Site | 23.50.85.00 | Scaffolding |

| | | | | Systems/Equipment | | |
|---------------|--------------|------------------------------------|-------|---------------------------------|----------------|--------------------|
| Andaime | 2,5*1,8*0,9 | Andaime com escada | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.50.85.00 | Scaffolding |
| Andaime | 2,5*1,8*0,9 | Andaime com escada | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.50.85.00 | Scaffolding |
| Andaime | 2,5*1,8*0,9 | Andaime com escada | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.50.85.00 | Scaffolding |
| Andaime | 2,5*1,8*0,9 | Andaime com escada | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.50.85.00 | Scaffolding |
| Guarda-corpos | 1*0,7 (0,45) | previne queda de pessoas e objetos | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.30.80.17.11 | Impact Guard Rails |
| Guarda-corpos | 1*0,7 (0,45) | previne queda de pessoas e objetos | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.30.80.17.11 | Impact Guard Rails |
| Guarda-corpos | 1*0,7 (0,45) | previne queda de pessoas e objetos | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.30.80.17.11 | Impact Guard Rails |
| Guarda-corpos | 1*0,7 (0,45) | previne queda de pessoas e objetos | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.30.80.17.11 | Impact Guard Rails |
| Guarda-corpos | 1*0,7 (0,45) | previne queda de pessoas e objetos | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.30.80.17.11 | Impact Guard Rails |
| Guarda-corpos | 1*0,7 (0,45) | previne queda de pessoas e objetos | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.30.80.17.11 | Impact Guard Rails |
| Guarda-corpos | 1*0,7 (0,45) | previne queda de pessoas e objetos | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.30.80.17.11 | Impact Guard Rails |
| Guarda-corpos | 1*0,7 (0,45) | previne queda de pessoas e objetos | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.30.80.17.11 | Impact Guard Rails |
| Guarda-corpos | 1*0,7 (0,45) | previne queda de pessoas e objetos | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.30.80.17.11 | Impact Guard Rails |
| Guarda-corpos | 1*0,7 (0,45) | previne queda de pessoas e objetos | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.30.80.17.11 | Impact Guard Rails |
| Guarda-corpos | 1*0,7 (0,45) | previne queda de pessoas e objetos | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.30.80.17.11 | Impact Guard Rails |
| Guarda-corpos | 1*0,7 (0,45) | previne queda de pessoas e objetos | G9090 | Other Site | 23.30.80.17.11 | Impact Guard Rails |

[illegible]

[illegible]


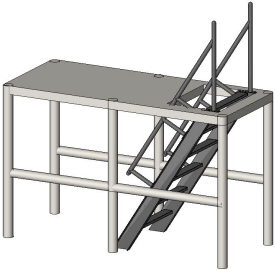
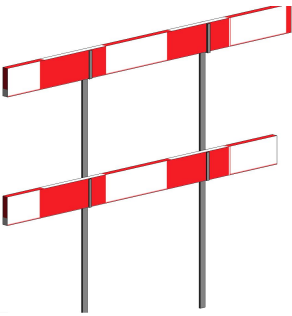
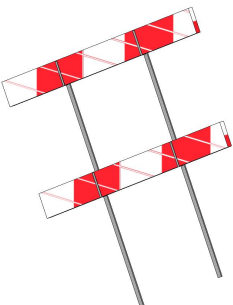
| | | | | Systems/Equipment | | |
|-------------------------|--------------|--|-------|------------------------------|----------------|----------------------|
| Guarda-corpos | 1*0,7 (0,45) | previne queda de pessoas e objetos | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.30.80.17.11 | Impact Guard Rails |
| Guarda-corpos | 1*0,7 (0,45) | previne queda de pessoas e objetos | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.30.80.17.11 | Impact Guard Rails |
| Guarda-corpos | 1*0,7 (0,45) | previne queda de pessoas e objetos | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.30.80.17.11 | Impact Guard Rails |
| Guarda-corpos | 1*0,7 (0,45) | previne queda de pessoas e objetos | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.30.80.17.11 | Impact Guard Rails |
| Guarda-corpos inclinado | 1*0,7 (0,45) | previne queda de pessoas e objetos | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.30.80.11.11 | Guardrail Components |
| Guarda-corpos inclinado | 1*0,7 (0,45) | previne queda de pessoas e objetos | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.30.80.11.11 | Guardrail Components |
| Guarda-corpos inclinado | 1*0,7 (0,45) | previne queda de pessoas e objetos | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.30.80.11.11 | Guardrail Components |
| Guarda-corpos inclinado | 1*0,7 (0,45) | previne queda de pessoas e objetos | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.30.80.11.11 | Guardrail Components |
| Guarda-corpos inclinado | 1*0,7 (0,45) | previne queda de pessoas e objetos | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.30.80.11.11 | Guardrail Components |
| Guarda-corpos inclinado | 1*0,7 (0,45) | previne queda de pessoas e objetos | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.30.80.11.11 | Guardrail Components |
| Guarda-corpos | RHSR-SS | Roof Hatch Safety Railing System - RHSR-SS | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.30.80.11 | Guardrails |
| Guarda-corpos | RHSR-SS | Roof Hatch Safety Railing System - RHSR-SS | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.30.80.11 | Guardrails |
| Guarda-corpos | RHSR-SS | Roof Hatch Safety Railing System - RHSR-SS | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.30.80.11 | Guardrails |
| Guarda-corpos | RHSR-SS | Roof Hatch Safety Railing System - RHSR-SS | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.30.80.11 | Guardrails |
| Guarda-corpos | RHSR-SS | Roof Hatch Safety Railing System - | G9090 | Other Site | 23.30.80.11 | Guardrails |

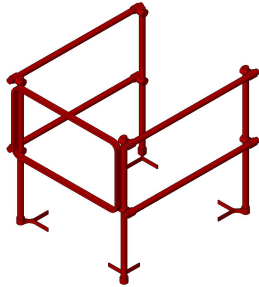


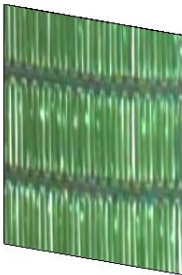
| | | | | | | |
|-------------------|---------|--|-------|------------------------------|-------------------|---|
| | | RHSR-SS | | Systems/Equipment | | |
| Guarda-corpos | RHSR-SS | Roof Hatch Safety Railing System - RHSR-SS | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.30.80.11 | Guardrails |
| Chapa de vedação | 1,5*3,5 | Vedação do estaleiro | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.25.40.21.14.14 | Metal Fences |
| Chapa de vedação | 1,5*3,5 | Vedação do estaleiro | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.25.40.21.14.14 | Metal Fences |
| Chapa de vedação | 1,5*3,5 | Vedação do estaleiro | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.25.40.21.14.14 | Metal Fences |
| Chapa de vedação | 1,5*3,5 | Vedação do estaleiro | G9091 | Other Site Systems/Equipment | 23.25.40.21.14.15 | Metal Fences |
| Chapa de vedação | 1,5*3,5 | Vedação do estaleiro | G9092 | Other Site Systems/Equipment | 23.25.40.21.14.16 | Metal Fences |
| Chapa de vedação | 1,5*3,5 | Vedação do estaleiro | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.25.40.21.14.14 | Metal Fences |
| Fita Sinalizadora | 0,2*3,5 | Sinalização da obra | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.15.10.11.21 | Traffic Safety Barriers and Protections |
| Fita Sinalizadora | 0,2*3,5 | Sinalização da obra | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.15.10.11.21 | Traffic Safety Barriers and Protections |
| Fita Sinalizadora | 0,2*3,5 | Sinalização da obra | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.15.10.11.21 | Traffic Safety Barriers and Protections |
| Fita Sinalizadora | 0,2*3,5 | Sinalização da obra | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.15.10.11.21 | Traffic Safety Barriers and Protections |
| Fita Sinalizadora | 0,2*3,5 | Sinalização da obra | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.15.10.11.21 | Traffic Safety Barriers and Protections |
| Fita Sinalizadora | 0,2*3,5 | Sinalização da obra | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.15.10.11.21 | Traffic Safety Barriers and Protections |
| Rede Sombreada | 5,0*1,0 | Quede de objetos e vedação | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.25.40.21.14.21 | Composite Fences |
| Rede Sombreada | 5,0*1,0 | Quede de objetos e vedação | G9090 | Other Site | 23.25.40.21.14.21 | Composite Fences |



| | | | | Systems/Equipment | | |
|----------------|---------|----------------------------|-------|------------------------------|-------------------|------------------|
| Rede Sombreada | 5,0*1,0 | Quede de objetos e vedação | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.25.40.21.14.21 | Composite Fences |
| Rede Sombreada | 5,0*1,0 | Quede de objetos e vedação | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.25.40.21.14.21 | Composite Fences |
| Rede Sombreada | 5,0*1,0 | Quede de objetos e vedação | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.25.40.21.14.21 | Composite Fences |
| Rede Sombreada | 5,0*1,0 | Quede de objetos e vedação | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.25.40.21.14.21 | Composite Fences |
| Rede Sombreada | 5,0*1,0 | Quede de objetos e vedação | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.25.40.21.14.21 | Composite Fences |
| Rede Sombreada | 5,0*1,0 | Quede de objetos e vedação | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.25.40.21.14.21 | Composite Fences |
| Rede Sombreada | 5,0*1,0 | Quede de objetos e vedação | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.25.40.21.14.21 | Composite Fences |
| Rede Sombreada | 5,0*1,0 | Quede de objetos e vedação | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.25.40.21.14.21 | Composite Fences |
| Rede Sombreada | 5,0*1,0 | Quede de objetos e vedação | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.25.40.21.14.21 | Composite Fences |
| Rede Sombreada | 5,0*1,0 | Quede de objetos e vedação | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.25.40.21.14.21 | Composite Fences |
| Rede Sombreada | 5,0*1,0 | Quede de objetos e vedação | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.25.40.21.14.21 | Composite Fences |
| Rede Sombreada | 5,0*1,0 | Quede de objetos e vedação | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.25.40.21.14.21 | Composite Fences |
| Rede Sombreada | 5,0*1,0 | Quede de objetos e vedação | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.25.40.21.14.21 | Composite Fences |
| Rede Sombreada | 5,0*1,0 | Quede de objetos e vedação | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.25.40.21.14.21 | Composite Fences |
| Rede Sombreada | 5,0*1,0 | Quede de objetos e vedação | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.25.40.21.14.21 | Composite Fences |
| Rede Sombreada | 5,0*1,0 | Quede de objetos e vedação | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.25.40.21.14.21 | Composite Fences |

| | | | | | | |
|--------------------|------------------|---------------------|-------|------------------------------|----------------|-----------------|
| Quadro Informativo | 3,5*1,5 | Informações da obra | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.10.00.00 | Site Products |
| Sinal de obras | Sinal triangular | Aviso de obras | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.15.10.14.17 | Traffic Signals |
| Sinal de obras | Sinal triangular | Aviso de obras | G9090 | Other Site Systems/Equipment | 23.15.10.14.17 | Traffic Signals |

Tabela 17: Tabela síntese dos elementos de prevenção utilizados no modelo

| TOTAL | |
|--|--|
| 9 Andaimos (2,5*1,8*0,9) |  |
| 9 Andaimos com escada (2,5*1,8*0,9) |  |
| 46 Guarda-corpos (1*0,7 (0,45)) |  |
| 6 Guarda-corpos inclinado (1*0,7 (0,45)) |  |

| | |
|-------------------------------|--|
| | |
| 6 Guarda-corpos (RHSR-SS) |  |
| 6 Chapa de vedação (1,5*3,5) |  |
| 6 Fita Sinalizadora (0,2*3,5) |  |
| 16 Rede Sombreada (5,0*1,0) |  |

| | |
|-----------------------------------|--|
| | |
| 1 Quadro Informativo (3,5*1,5) |  |
| 2 Sinal de obras Sinal triangular |  |

Anexo III: Inclusão da informação de prevenção, BIMSafety

Anexo II,a

Exemplificação da implementação do BIMSafety, através da identificação dos riscos (Figura 54) e medidas preventivas (Figura 55) a ter em consideração na reabilitação da cobertura.

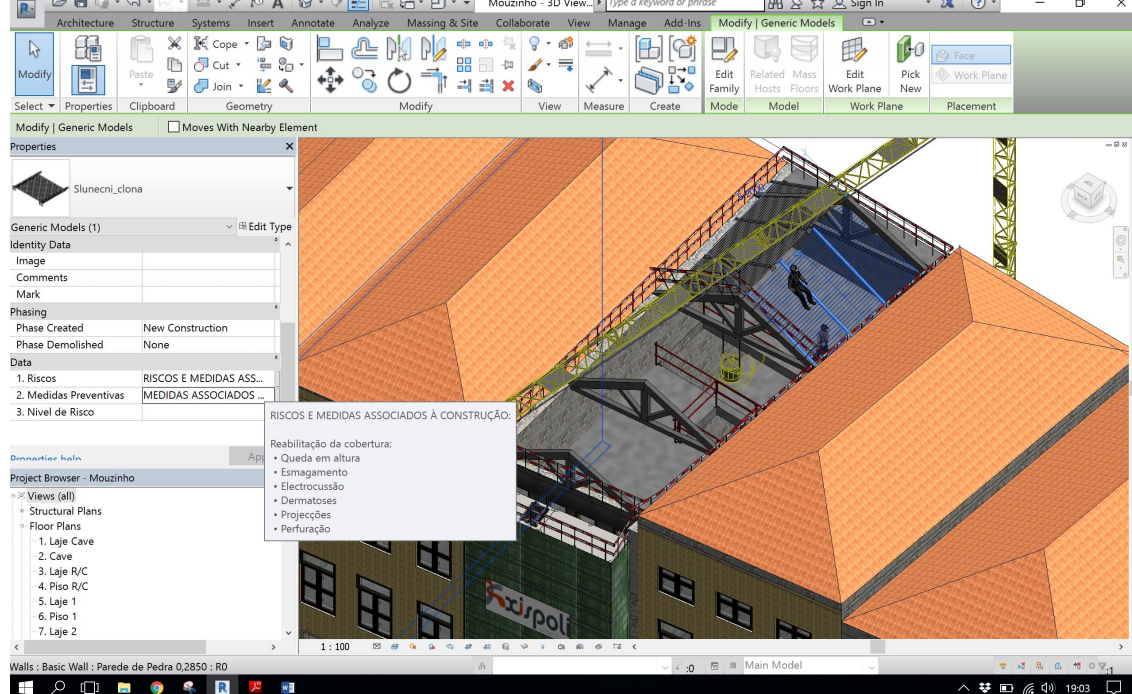


Figura 54: Riscos decorrentes da reabilitação da cobertura.

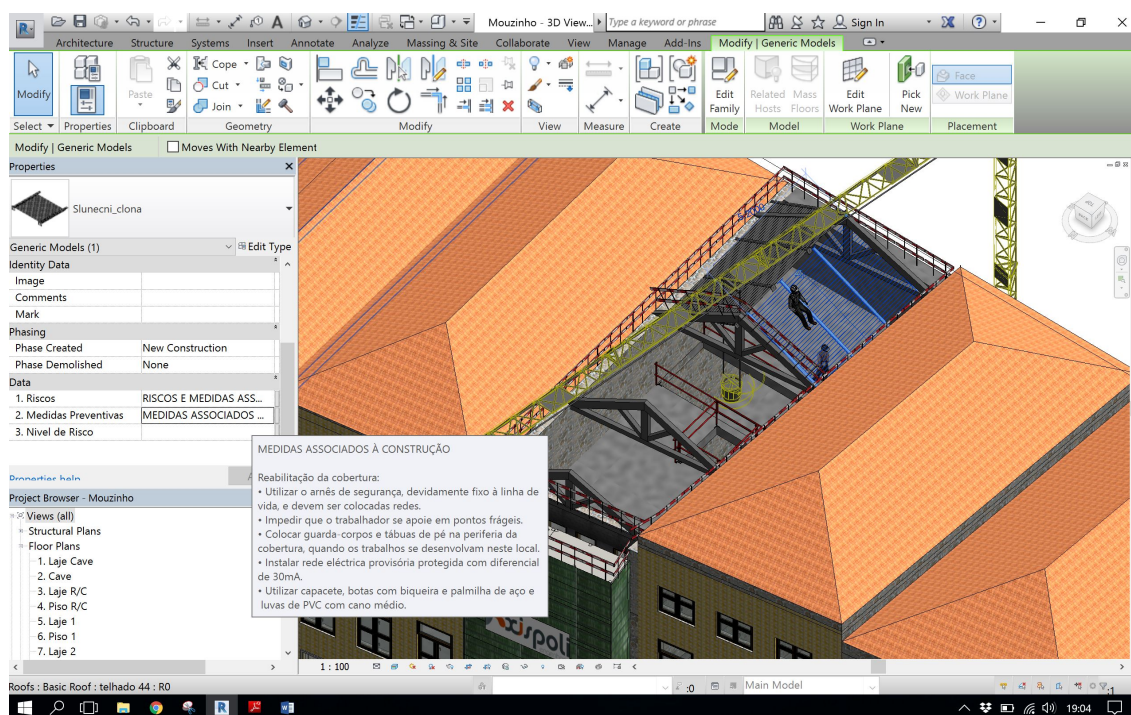


Figura 55: Medidas preventivas a considerar na reabilitação da cobertura

Anexo II,b

Exemplificação da implementação do BIMSafety, através da identificação dos riscos (Figura 57) e medidas preventivas (Figura 56) a ter em consideração na reabilitação da fachada.

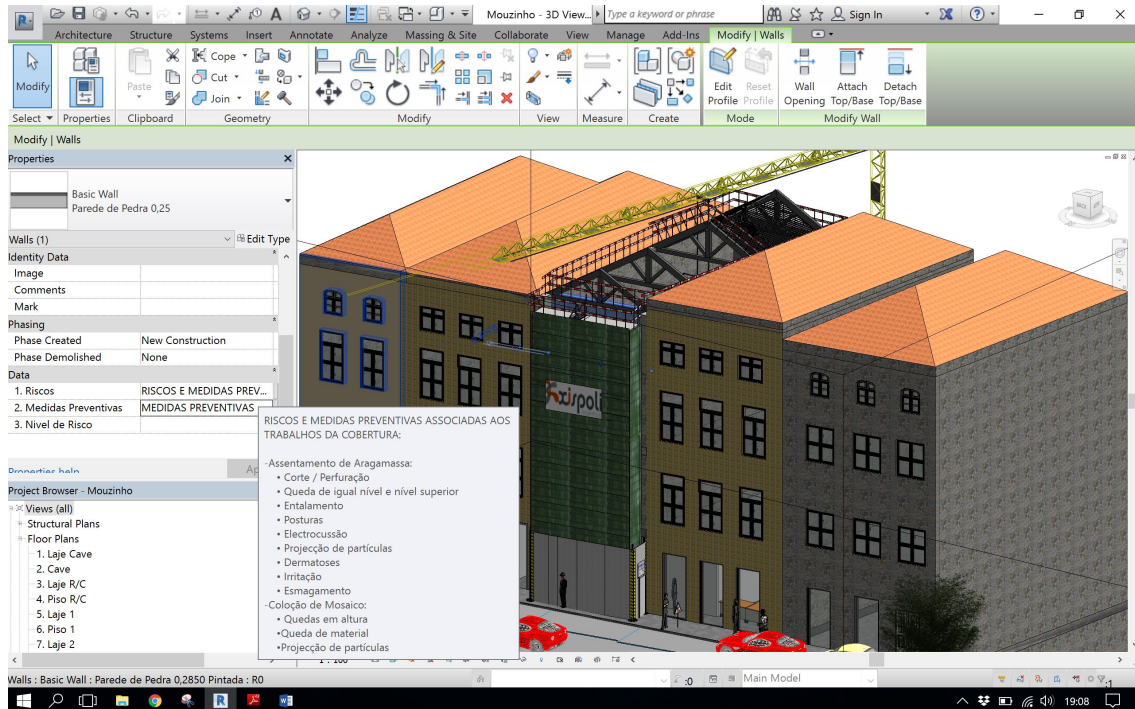


Figura 57: Riscos decorrentes da reabilitação da fachada

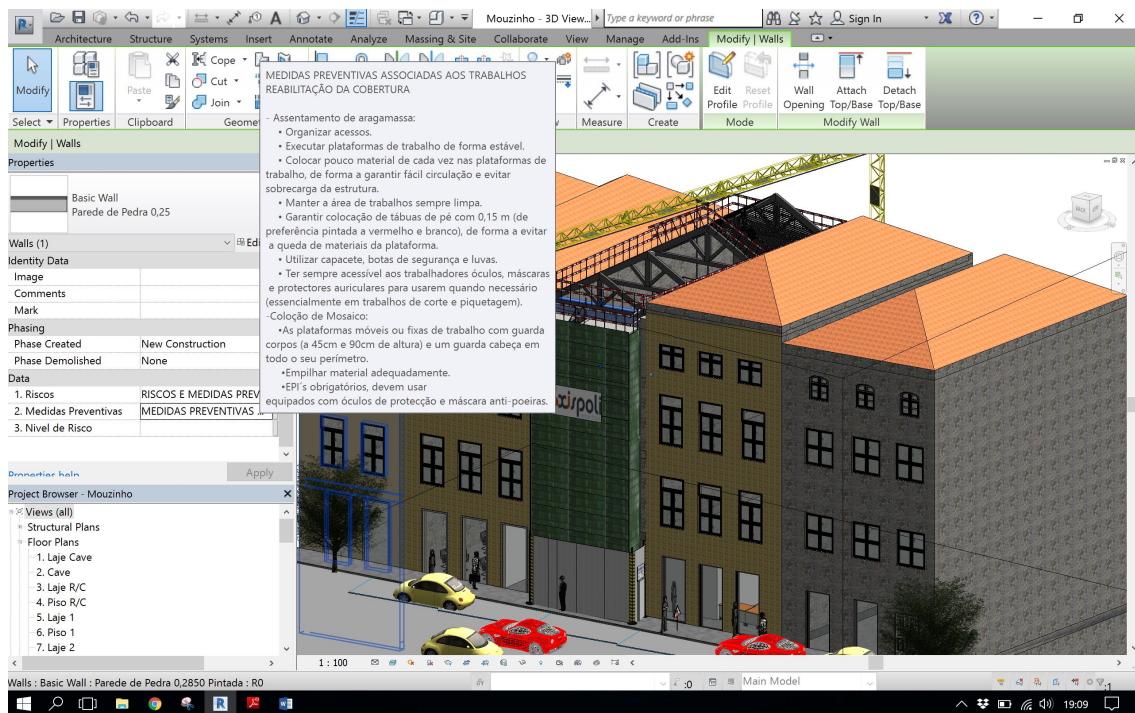


Figura 56: Medidas preventivas a considerar na reabilitação da fachada

Anexo II,c

Exemplificação da implementação do BIMSafety, através da identificação dos riscos (Figura 58) e medidas preventivas (Figura 59) a ter em consideração na execução da laje do piso 3.

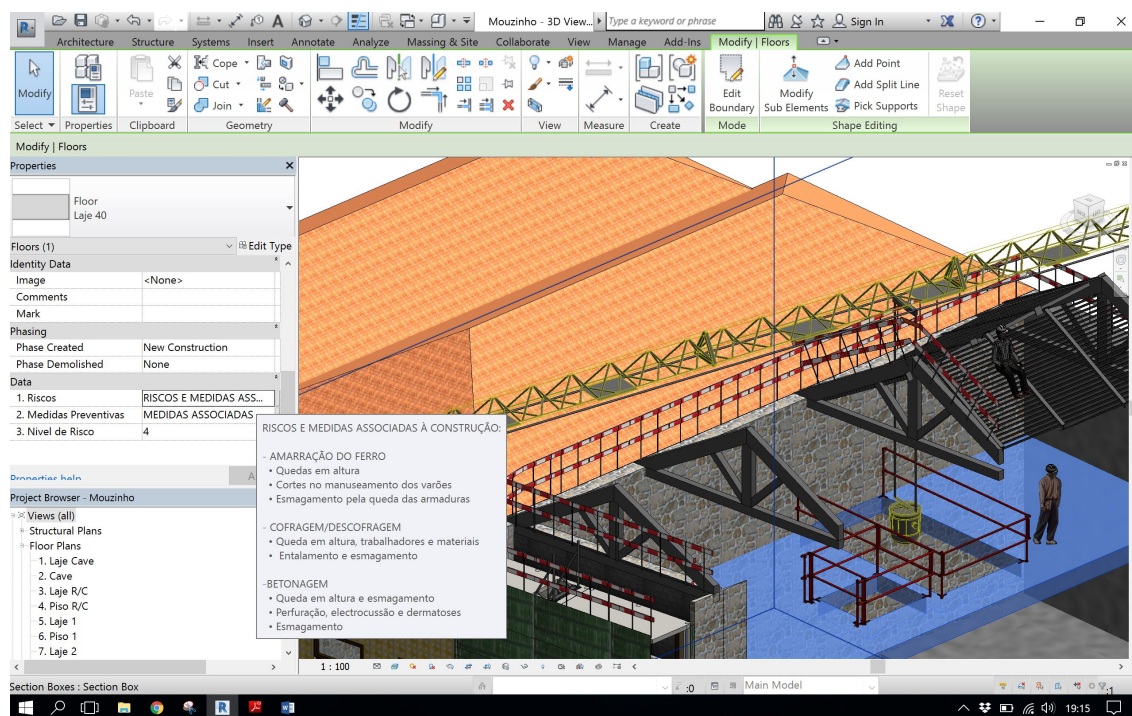


Figura 58: Riscos decorrentes da execução da laje do piso 3

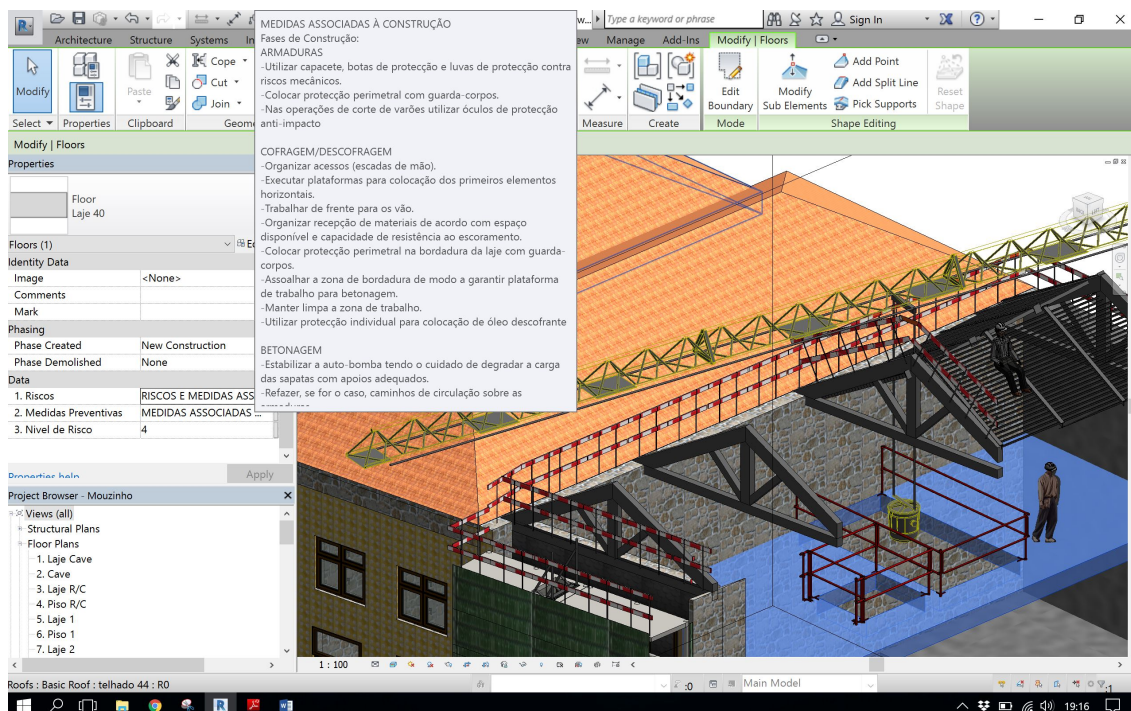


Figura 59: Medidas preventivas a considerar na execução da laje do piso 3

Anexo IV: Inquérito apresentado aos especialistas

INQUÉRITO PARA EFEITOS DE ESTUDO ACADÉMICO

O PRESENTE INQUÉRITO SURGE NO ÂMBITO DE UM ESTUDO SOBRE O IMPACTO E A UTILIDADE DO BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM) NO PLANEAMENTO DA PREVENÇÃO DE ACIDENTES DE TRABALHO EM FASE DE CONSTRUÇÃO.

O ESTUDO TEM COMO OBJETIVO AVALIAR QUAL A MELHOR OPÇÃO DE IMPLEMENTAÇÃO E VISUALIZAÇÃO DO PLANO DE SEGURANÇA. NAS FOLHAS EM ANEXO, ESTÃO OS EXEMPLOS DOS MODELOS DE PREVENÇÃO EM DOIS FORMATOS, O 2D E O 3D (BIM).

CLASSIFIQUE O MODELO APRESENTADO QUANTO AOS SEGUINTE ASPETOS

| | SIM | NÃO |
|---|-----|-----|
| SIMULAÇÃO DE CONDIÇÕES REAIS DE TRABALHO, PERMITINDO ANTECIPAÇÃO DE RISCOS E PERIGOS | | |
| PERMITE UMA MELHOR INTEGRAÇÃO DE QUESTÕES DE PREVENÇÃO E DE PRODUÇÃO | | |
| PERCEÇÃO DE MEDIDAS PREVENTIVAS, ATRAVÉS DA VISUALIZAÇÃO DO MODELO ACESSÍVEL | | |
| QUALIDADE DA INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA REPRESENTADA, COM CAPACIDADE DE USO DO MODELO PARA AÇÕES DE FORMAÇÃO | | |
| CARATERIZA-SE COMO UM MÉTODO MAIS EFICAZ COMPARANDO COM O ATUAL MODELO DE PREVENÇÃO | | |

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

IDADE?

18-28___ 29-39___ 40-50___ +50___

HABILITAÇÕES LITERÁRIAS?

1º Ciclo (4º Ano)___ 2º Ciclo (6º Ano)___ Secundário (12º Ano)___

Licenciatura___ Mestrado___ Doutoramento___

QUANTOS ANOS DE EXPERIÊNCIA TEM EM OBRAS?

1-6___ 7-13___ 14-19___ +20___ Estagiário___

QUAL A FUNÇÃO QUE DESEMPENHA?

Dono De Obra / Projetista / Consultor___

Coordenador De Segurança /Técnico De
Segurança___

Diretor De Obra / Encarregado / Fiscal___

Operário Da Construção Civil___

MUITO OBRIGADA!

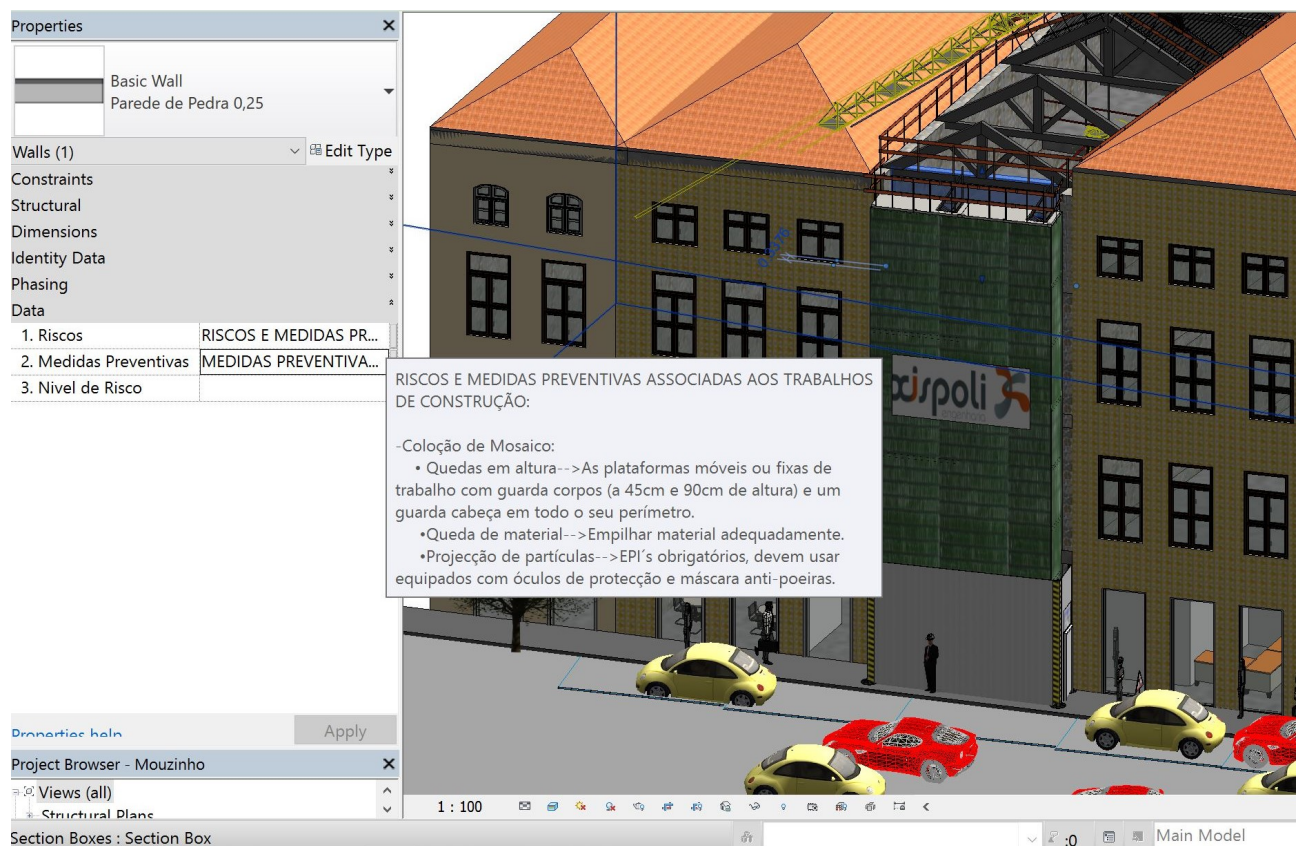
Anexos

PLANO DE ESTALEIRO

- Modelo de Prevenção Atual

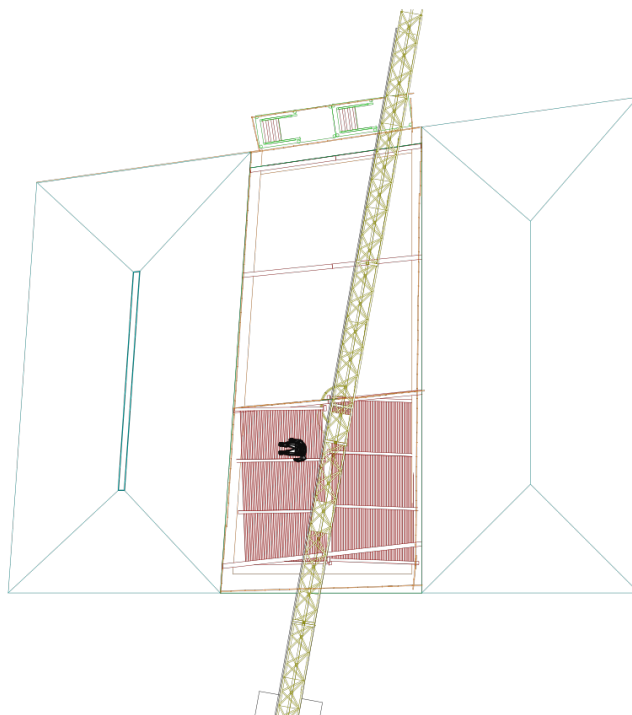


- Modelo de Prevenção aplicando a metodologia BIM

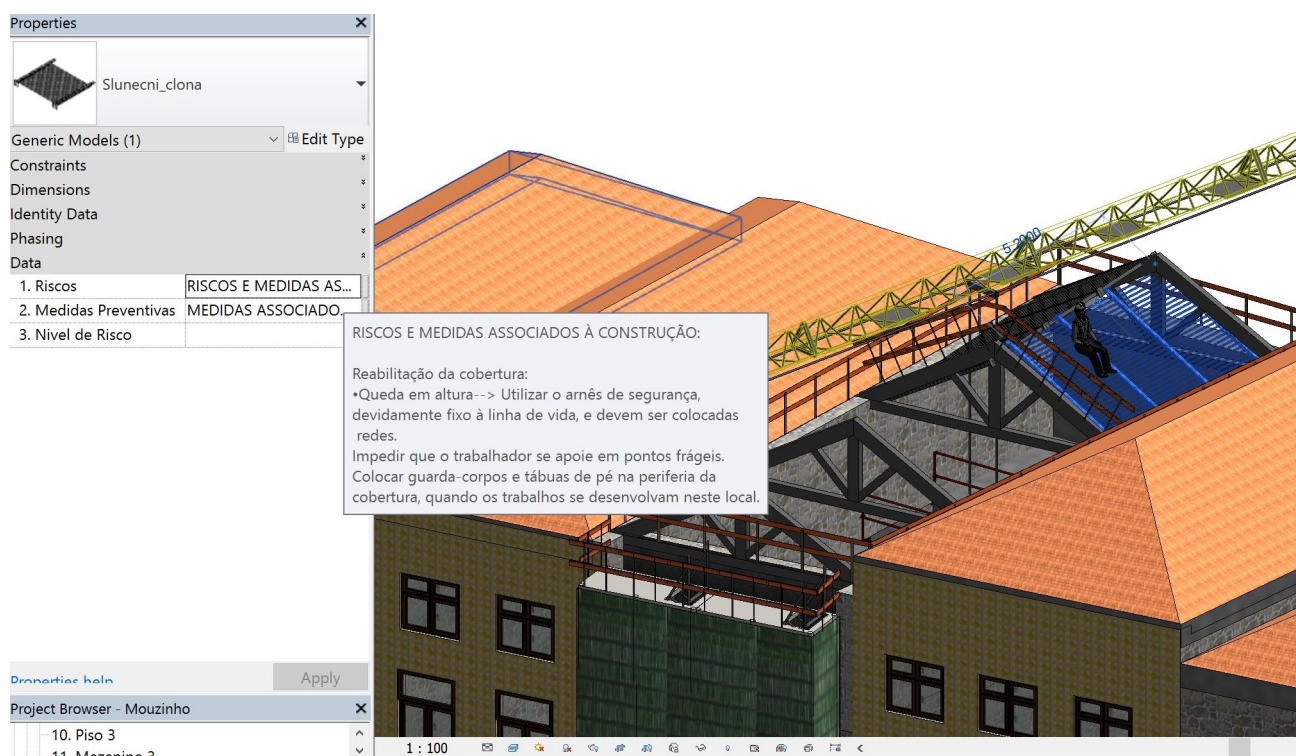


PLANO DE MOVIMENTAÇÃO MECÂNICA DE CARGAS

- Modelo de Prevenção Atual

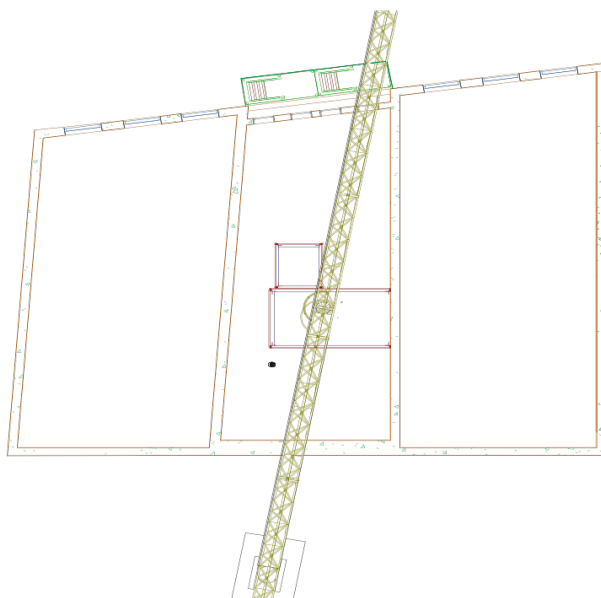


- Modelo de Prevenção aplicando a metodologia BIM

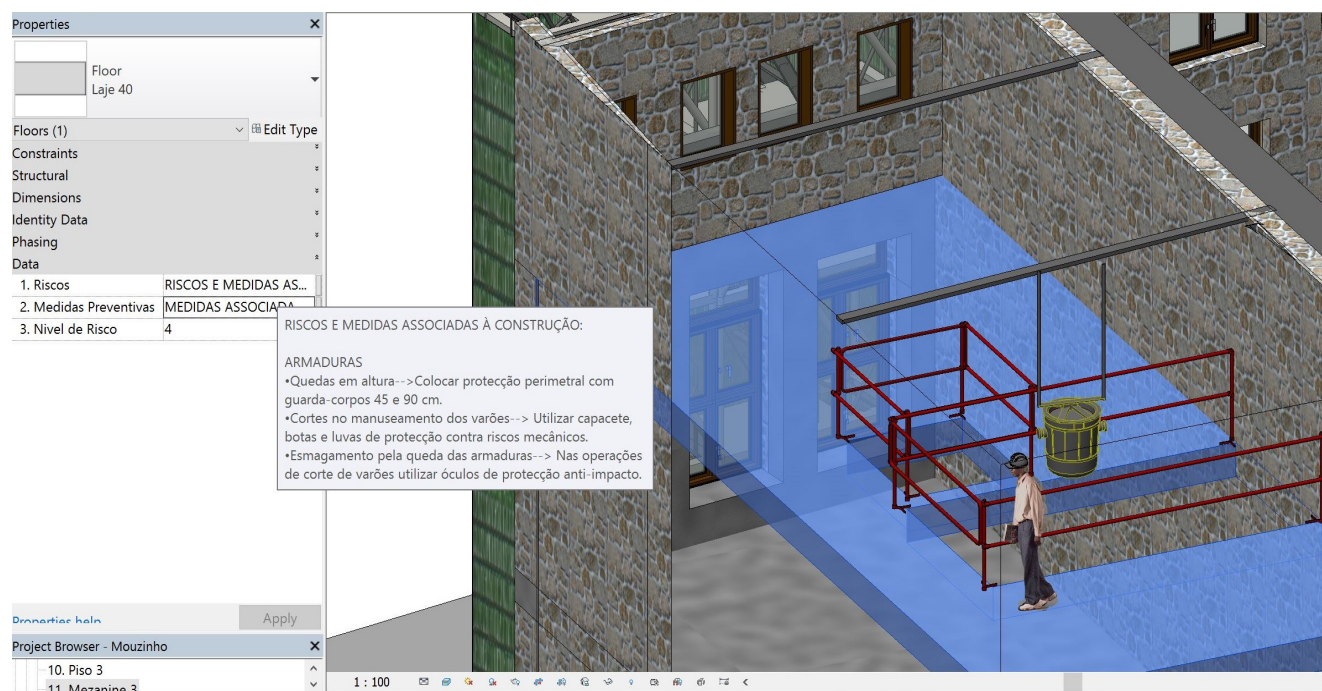


PLANO DE PROTEÇÕES COLETIVAS

- Modelo de Prevenção Atual



- Modelo de Prevenção aplicando a metodologia BIM



Anexo V: Resultados do inquérito

Tabela 18: Resultados do inquérito realizado aos especialistas da construção civil, no âmbito de aferir a utilidade da nova metodologia BIM associada à prevenção

| 1. SIMULA MAIS EFICAZMENTE AS CONDIÇÕES REAIS DE TRABALHO, PERMITINDO ANTECIPAÇÃO DE RISCOS E PERIGOS | 2. PERMITE UMA MELHOR INTEGRAÇÃO DE QUESTÕES DE PREVENÇÃO E DE PRODUÇÃO | 3. PERCEÇÃO DE MEDIDAS PREVENTIVAS, ATRAVEZ DA VISUALIZAÇÃO DO MODELO ACESSÍVEL | 4. QUALIDADE DA INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA REPRESENTADA, COM CAPACIDADE DE USO DO MODELO PARA AÇÕES DE FORMAÇÃO | 5. CARATERIZA-SE COMO UM MÉTODO MAIS EFICAZ COMPARANDO COM O ATUAL MODELO DE PREVENÇÃO | IDADE? | HABILITAÇÕES LITERÁRIAS? | QUANTOS ANOS DE EXPERIÊNCIA TEM EM OBRAS? | QUAL A FUNÇÃO QUE DESEMPENHA? |
|---|---|---|--|--|--------|--------------------------|---|---|
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 18-28 | Mestrado | 1-6 | Diretor De Obra / Encarregado / Fiscal |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 18-28 | Mestrado | Estagiário | Diretor De Obra / Encarregado / Fiscal |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 40-50 | Licenciatura | 14-19 | Coordenador De Segurança / Técnico De Segurança |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 40-50 | Licenciatura | 14-19 | Diretor De Obra / Encarregado / Fiscal |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 40-50 | Licenciatura | 14-19 | Coordenador De Segurança / Técnico De Segurança |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 29-39 | Secundário (12º ano) | 7-13 | Coordenador De Segurança / Técnico De Segurança |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 29-39 | Licenciatura | 1-6 | Coordenador De Segurança / Técnico De Segurança |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 29-39 | Mestrado | 7-13 | Coordenador De Segurança / Técnico De Segurança |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 29-39 | Mestrado | 7-13 | Dono De Obra / Projetista / Consultor |
| NÃO | NÃO | NÃO | SIM | NÃO | 40-50 | Licenciatura | 14-19 | Dono De Obra / Projetista / Consultor, Coordenador De Segurança / Técnico De Segurança |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 40-50 | Licenciatura | 14-19 | Dono De Obra / Projetista / Consultor |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | +50 | Licenciatura | +20 | Diretor De Obra / Encarregado / Fiscal |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 40-50 | Secundário (12º ano) | +20 | Coordenador De Segurança / Técnico De Segurança, Diretor De Obra / Encarregado / Fiscal |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 18-28 | Mestrado | 1-6 | Diretor De Obra / Encarregado / Fiscal |
| NÃO | NÃO | SIM | NÃO | NÃO | +50 | 2º Ciclo (6º ano) | +20 | Operário Da Construção Civil |
| NÃO | NÃO | NÃO | SIM | NÃO | 40-50 | 2º Ciclo (6º ano) | +20 | Operário Da Construção Civil |

| | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-------|----------------------|------------|--|
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 29-39 | Licenciatura | 7-13 | Diretor De Obra / Encarregado / Fiscal |
| SIM | NÃO | SIM | SIM | SIM | 40-50 | Licenciatura | 14-19 | Diretor De Obra / Encarregado / Fiscal |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 40-50 | Licenciatura | 14-19 | Diretor De Obra / Encarregado / Fiscal |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 40-50 | 3º Ciclo (9º ano) | 14-19 | Operário Da Construção Civil |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 18-28 | Mestrado | 1-6 | Dono De Obra / Projetista / Consultor |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 29-39 | 3º Ciclo (9º ano) | 14-19 | Operário Da Construção Civil |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 29-39 | 3º Ciclo (9º ano) | 7-13 | Operário Da Construção Civil |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | +50 | 1º Ciclo (4º ano) | +20 | Operário Da Construção Civil |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 40-50 | 3º Ciclo (9º ano) | +20 | Diretor De Obra / Encarregado / Fiscal |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 29-39 | Licenciatura | 1-6 | Dono De Obra / Projetista / Consultor |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 29-39 | 3º Ciclo (9º ano) | 14-19 | Operário Da Construção Civil |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | +50 | 1º Ciclo (4º ano) | +20 | Operário Da Construção Civil |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 40-50 | 1º Ciclo (4º ano) | 14-19 | Operário Da Construção Civil |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 29-39 | 3º Ciclo (9º ano) | 14-19 | Operário Da Construção Civil |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 29-39 | 2º Ciclo (6º ano) | 14-19 | Operário Da Construção Civil |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 18-28 | 3º Ciclo (9º ano) | 7-13 | Operário Da Construção Civil |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 29-39 | 3º Ciclo (9º ano) | 7-13 | Operário Da Construção Civil |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 40-50 | 1º Ciclo (4º ano) | +20 | Operário Da Construção Civil |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 29-39 | Secundário (12º ano) | 7-13 | Operário Da Construção Civil |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 29-39 | 3º Ciclo (9º ano) | 7-13 | Operário Da Construção Civil |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 18-28 | Mestrado | Estagiário | Diretor De Obra / Encarregado / Fiscal |
| SIM | NÃO | SIM | SIM | SIM | 29-39 | Licenciatura | 14-19 | Diretor De Obra / Encarregado / Fiscal |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 29-39 | Licenciatura | 1-6 | Dono De Obra / Projetista / Consultor, Diretor De Obra / Encarregado / Fiscal, Coordenador De Segurança / Técnico De Segurança |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 29-39 | Licenciatura | 1-6 | Coordenador De Segurança / Técnico De Segurança |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 40-50 | Licenciatura | 7-13 | Coordenador De Segurança / Técnico De Segurança |

| | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-------|----------------------|------------|--|
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 40-50 | Licenciatura | 7-13 | Dono De Obra / Projetista / Consultor, Coordenador De Segurança / Técnico De Segurança |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 29-39 | Licenciatura | 7-13 | Coordenador De Segurança / Técnico De Segurança |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | +50 | Licenciatura | +20 | Coordenador De Segurança / Técnico De Segurança |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 40-50 | Secundário (12º ano) | 7-13 | Coordenador De Segurança / Técnico De Segurança |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 40-50 | Secundário (12º ano) | +20 | Diretor De Obra / Encarregado / Fiscal |
| NÃO | NÃO | SIM | SIM | NÃO | 40-50 | Licenciatura | 14-19 | Dono De Obra / Projetista / Consultor, Coordenador De Segurança / Técnico De Segurança |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | +50 | Licenciatura | 1-6 | Coordenador De Segurança / Técnico De Segurança |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 29-39 | Licenciatura | 1-6 | Coordenador De Segurança / Técnico De Segurança |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 40-50 | Mestrado | 7-13 | Dono De Obra / Projetista / Consultor, Coordenador De Segurança / Técnico De Segurança |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 40-50 | Mestrado | +20 | Coordenador De Segurança / Técnico De Segurança |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 29-39 | Licenciatura | 7-13 | Coordenador De Segurança / Técnico De Segurança |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 29-39 | Licenciatura | 14-19 | Coordenador De Segurança / Técnico De Segurança |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 29-39 | Licenciatura | 14-19 | Dono De Obra / Projetista / Consultor |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 29-39 | Licenciatura | 14-19 | Dono De Obra / Projetista / Consultor |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 29-39 | Licenciatura | 14-19 | Dono De Obra / Projetista / Consultor |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 29-39 | Mestrado | 14-19 | Coordenador De Segurança / Técnico De Segurança |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 29-39 | Licenciatura | 7-13 | Coordenador De Segurança / Técnico De Segurança |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 40-50 | Mestrado | 7-13 | Dono De Obra / Projetista / Consultor, Coordenador De Segurança / Técnico De Segurança |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 18-28 | Mestrado | Estagiário | Diretor De Obra / Encarregado / Fiscal |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 40-50 | Licenciatura | 14-19 | Coordenador De Segurança / Técnico De Segurança |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 40-50 | Licenciatura | 7-13 | Coordenador De Segurança / Técnico De Segurança |
| SIM | SIM | SIM | SIM | SIM | 40-50 | Licenciatura | 7-13 | Coordenador De Segurança / Técnico De Segurança |

Anexo VI: Trabalhos realizados

Anexo VI.a



Panorama atual da prevenção

A segurança no trabalho da construção é um tema de elevada importância no contexto atual, dado que, apesar do decréscimo do volume de trabalho no setor, continuam a ocorrer um elevado número de acidentes de trabalho. O Decreto-Lei nº273/2003 estabelece responsabilidades referentes à prevenção em fase de projeto, obra e manutenção do edificado direcionando responsabilidades para cada um dos intervenientes. Uma das responsabilidades atribuída é a necessidade de planejar a prevenção de riscos desde a fase de projeto até à fase de exploração e manutenção da obra.

Por sua vez, a gestão da manutenção tem vindo, por motivos técnicos e financeiros, a assumir um papel cada vez mais relevante no ciclo de vida do edificado. Saliente-se que as atividades de manutenção, conservação ou mesmo reparação, possuem riscos diversos e específicos para a segurança e saúde dos trabalhadores.

Fazendo uma análise daquilo que é a abordagem atual à prevenção de acidentes de trabalho pode-se afirmar:

- **Em fases de projeto e obra:** a prevenção é frequentemente consumada numa excessiva lista de procedimentos e regras, por vezes pouco perceptíveis, consideradas aborrecidas por quem as tem de implementar. Consequentemente as medidas preventivas acabam por não ser devidamente analisadas por quem é responsável pela supervisão das tarefas e não ficando devidamente integrada com o

planeamento de obra, permitindo a desvalorização dos constrangimentos de prevenção. Adicionalmente, os desenhos 2D apresentam limitações de leitura e interpretação e a barreira linguística pode-se tornar um obstáculo à implementação das medidas preventivas.

- **Em fase de exploração:** a Compilação Técnica é documento de caráter legal obrigatório, há vários anos, que rege e orienta a gestão dos riscos associados a manutenção, começando no processo de identificação do risco, passando pela sua avaliação e valoração e terminando na criação de um conjunto de medidas preventivas a serem adotadas na fase de exploração do edificado. No entanto, a implementação deste documento encontra-se bastante aquém do esperado e desejável verificando que atualmente a sua dinamização é salvo honrosas exceções, inexistente ou consumada numa extensa lista de documentos, muitos não relevantes para a temática em estudo, sendo os relevantes uma lista inócua de instruções de segurança, sem interligação com o processo produtivo a tomar na atividade.

Todo este panorama cria um espírito de desvalorização e secundarização desta problemática fazendo com que a prevenção assumia um caráter lateral e não integrado na execução da obra e na manutenção do edificado.

Urge então, face a este panorama e de modo a minimizar o risco de ocorrência de acidentes de trabalho, tomar medi-

08 PONTO DE VISTA

das de gestão imediatas (baseadas no princípio geral de prevenção relativo à atenção que é necessário dar ao estado de evolução da técnica), de fácil interpretação, facilmente transmissíveis a todos os intervenientes e suficientemente eficientes e suportadas em Tecnologias de Informação de ampla aplicabilidade no setor.

O conceito "BIMSafety"

Para tentar solucionar a ineficiência ou insuficiente eficácia das abordagens preventivas atuais, tem vindo a ser desenvolvidos estudos conjuntos de Investigação e Desenvolvimento entre o Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho e a empresa Xispoli Engenharia. Estas ações têm em vista a propor a implementação de um novo conceito de abordagem à prevenção: o "BIMSafety". Este conceito é baseado nas mais recentes ferramentas de Tecnologias de Informação e consiste na identificação, antecipada e num novo formato em fase de projeto, dos riscos e perigos associados à construção da obra e à sua exploração.

As vantagens da metodologia BIM

- Plataforma de base de dados comum para os intervenientes, possibilitando uma partilha de informação e comunicação mais efetiva;
- Visualização em 3D, facilitando a interpretação do projeto;
- Fluxo de informação credibilizado e fiável;
- Minimização de conflitos e incompatibilidades;
- Menor tempo gasto para pormenorizar resultados;
- Produção de vistas e pormenores complexos
- Compatibilização entre especialidades e elementos;
- Comparações entre o previsto e o realizado
- Base de dados automatizada, minimizando as alterações manuais.
- Correção automática, no projeto, de alterações introduzidas

As vantagens do conceito "BIMSafety"

- Discussão de problemas em ambiente virtual;
- Indexação, a cada elemento construtivo visualizado em 3D, da informação de caráter preventivo;

- Simulação antecipada de cenários de trabalho;
- Antecipação dos potenciais problemas e perigos;
- Alterações automáticas no projeto em termos de prevenção;
- Medição automática de quantidade de equipamentos de proteção coletiva a aplicar.
- Simplificação da implementação de ações de formação;
- Inexistência de barreira linguística;
- Integração simples entre Produção e Segurança;

"BIMSafety" e o Plano de Segurança e Saúde

O "BIMSafety" identifica, para cada elemento construtivo e tendo em conta o processo construtivo, os riscos associados aos trabalhos da construção. Com base nesta informação, propõe um conjunto de medidas preventivas de caráter organizacional, coletivo e individual. Este conceito permite a elaboração e desenvolvimento de PSS no novo formato, designadamente ao nível de planos de proteções coletivas, gestão de manutenção mecânica de cargas, planos de estaleiro e planos de emergência.

Na Figura 1 ilustra-se um exemplo de abordagem ao risco de queda em altura durante os trabalhos de montagem de armadura em pilar situado na bordadura de laje.

FIGURA 1 - Esquemática de análise de risco do trabalho em altura durante construção

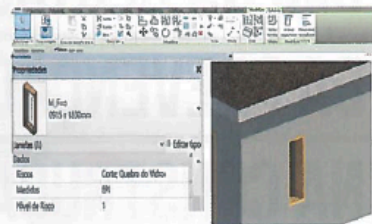


O BIMSafety E a Compilação Técnica

O "BIMSafety" associa, para cada elemento ou equipamento construído ou instalado, os riscos associados a operações de manutenção e reparação a realizar durante a vida útil da construção. Com base nesta informação, propõe um conjunto de medidas preventivas de caráter organizacional, coletivo e individual.

Na Figura 2 ilustra-se um exemplo de abordagem ao risco de queda em altura durante os trabalhos de intervenção em altura num envidraçado de uma fachada.

FIGURA 2 - Esquemática de análise de risco do trabalho em altura durante a manutenção



Conclusão

O conceito "BIMSafety" encontra-se a dar os primeiros passos. A cooperação entre estabelecimentos de ensino superior, designadamente na sua vertente de Investigação e Desenvolvimento (dotada do saber científico), e o meio empresarial (dotado do know-how técnico) revela-se como complementar e estratégica para a obtenção de resultados fidedignos e baseados na mais recente tecnologia disponível.

A utilização deste novo conceito tem todo o potencial, pelo formato de visualização que apresenta, para abrir caminho a uma maior agilização do planeamento da prevenção, designadamente ao nível de identificação de riscos e medidas preventivas através de novas abordagens ao Plano de Segurança e Saúde e à Compilação Técnica, dentro de um espírito de integração entre questões de produção e de segurança.

Ricardo da Cunha Reis
(Xispoli Engenharia)

Manuel Tender
(Universidade do Minho - Escola de Engenharia / Xispoli Engenharia),

João Couto, Cátia Lopes, Telma Cunha
(Universidade do Minho - Escola de Engenharia)

Anexo VI.b

UTILIZAÇÃO DO BIM NA GESTÃO DE SEGURANÇA DO ESTALEIRO DA CONSTRUÇÃO DO TÚNEL DO MARÃO**Manuel Tender⁽¹⁾, Ricardo Reis⁽¹⁾, João Pedro Couto⁽²⁾, Cátia Lopes⁽³⁾, Telma Cunha⁽³⁾, Juliana Fernandes⁽³⁾**⁽¹⁾ Xispoli Engenharia, Braga⁽²⁾ Prof. Auxiliar, Universidade do Minho, Guimarães⁽³⁾ Mestranda MIEC, Universidade do Minho, Guimarães**Resumo**

A deficiente organização dos estaleiros é uma das causas de acidentes de trabalho em fase de construção. Os principais riscos relativos ao estaleiro estão ligados a atropelamentos nos acessos e vias de circulação e ao armazenamento e movimentação de materiais, quando a gestão do estaleiro é ineficiente ou a organização da disposição do mesmo é inadequada. Neste sentido, o presente estudo tem como objetivo uma melhoria do planeamento do estaleiro e consequente minimização dos riscos associados à sua utilização.

Um estaleiro gerido de forma otimizada, utilizando as tecnologias BIM, apresenta um maior controlo da segurança no decorrer das tarefas em obra. A aplicação das ferramentas BIM na gestão de um estaleiro auxilia na visualização de riscos, prevenindo-os e minimizando-os. Deste modo, a utilização desta nova metodologia assegura a segurança e a saúde dos trabalhadores, contrariando o panorama atual na Segurança e Saúde. O estaleiro da construção do Túnel do Marão foi escolhido como caso de estudo, sendo o maior túnel rodoviário da Península Ibérica e uma das maiores obras realizadas em Portugal nos últimos anos.

Com vista à satisfação dos objetivos principais do presente estudo, foi modelado o estaleiro da construção, obtendo-se assim uma visualização tridimensional e, consequentemente, uma melhor perceção do modelo real de construção do estaleiro e uma maior clareza dos riscos associados à execução do mesmo. Deste modo, torna-se mais fácil a manipulação do estaleiro conforme as necessidades no decorrer da obra, o que auxilia na otimização da ocupação do espaço, na gestão da circulação de viaturas e trabalhadores e na gestão do armazenamento de materiais e equipamentos.

Com a implementação da metodologia BIM realizar-se-á uma simulação das condições reais de trabalho, o que permite analisar a dinâmica entre as diferentes tarefas executadas em simultâneo, designadamente o cruzamento de veículos entre si e entre veículos e pessoas.

É possível afirmar que o BIM auxilia na elaboração do planeamento, tendo em atenção as medidas preventivas a implementar durante toda a utilização do estaleiro, minimizando os riscos em obra e garantindo uma maior segurança dos intervenientes na empreitada.

Neste caso de estudo, é importante referir que a modelação foi realizada após a montagem dos estaleiros, sendo que as conclusões retiradas não foram implementadas nesta empreitada. Sendo assim, como resultado, apresenta-se uma análise crítica da introdução do BIM na gestão dos estaleiros de construção, descrevendo a sua influência nos mesmos.


Para o desenvolvimento deste trabalho, recorreu-se à análise bibliográfica e ao estudo de caso.

Palavras-chave: Gestão da construção; Segurança e saúde; Riscos; Metodologia BIM.

Anexo VI.c

08/11/17





Privilegiar casos práticos
Começar do início

1º passo
A visualização 3D é útil em termos preventivos?

Aplicação de utilização de REVIT para planeamento de prevenção num caso concreto de obra

Gestão do estaleiro do Túnel do Marão

(PtBIM 2016)
(SSOA 2017)
(SHO 2017)
(Luanda 2017)

2

Anexo VI.d

CODE: APLICAR PRODUTOS INOVADORES E NOVAS TECNOLOGIAS**O BIM (BUILDING INFORMATION MODELING) COMO INSTRUMENTO DE PREVENÇÃO EM FASE DE PROJETO E DE OBRAS DE REABILITAÇÃO****BIM (BUILDING INFORMATION MODELING) AS AN INSTRUMENT FOR PREVENTION IN REHABILITATION****Tender, Manuel^{1*}; Reis, Ricardo²; Couto, João¹; Lopes, Cátia¹; Cunha, Telma¹**

1: Universidade do Minho-Escola de Engenharia

e-mail: manueltender@gmail.com, web: <http://www.civil.uminho.pt>e-mail: jpc@civil.uminho.pt, web: <http://www.civil.uminho.pt>e-mail: catia_lopes_13@hotmail.com, web: <http://www.civil.uminho.pt>e-mail: telma4_cunha@hotmail.com, web: <http://www.civil.uminho.pt>

2: Xispoli Engenharia

e-mail: ricardo.reis@xispoli.eu, Web: <http://www.xispoli.eu>**PALAVRAS CHAVE:** “Prevenção”, “Reabilitação”, “BIM”**RESUMO**

Apesar do decréscimo do volume de trabalho no setor, continua a ocorrer um elevado número de acidentes de trabalho. Por outro lado, as ferramentas BIM tem vindo a ganhar cada mais relevo na elaboração de projetos. No caso do Plano de Segurança e Saúde e da Compilação Técnica, peças de projeto utilizadas para gerir a segurança e saúde em fases de construção e exploração, tal ainda não se verifica. O modo atual de gerir a segurança é muitas vezes consumado numa excessiva lista de procedimentos, pouco compreensíveis, considerados aborrecidos por quem os tem de implementar e ficando pouco integrados com o planeamento de obra. Adicionalmente, os desenhos 2D habitualmente utilizados apresentam limitações de interpretação. Este panorama cria um ambiente de desvalorização desta problemática, fazendo com que a prevenção assuma um caráter secundário. Urge, então, face a este panorama e tendo em conta o estado de evolução da técnica (designadamente ao nível das Tecnologias de Informação), tomar medidas de gestão imediatas, de fácil interpretação e suficientemente eficientes e permitindo que as peças de projeto ligadas a segurança e saúde assumam um formato compatível com as restantes peças de projeto. Este artigo expõe a realização de um teste ao conceito “*BIMSafety*”, que consiste numa abordagem à utilização de metodologias BIM na prevenção. É apresentado, para um caso de estudo de uma obra de reabilitação, um novo modo de abordagem ao Plano de Segurança e Saúde e à Compilação Técnica, utilizando as metodologias BIM. Para aferir a adequabilidade e potencialidades desta nova abordagem, são apresentados os resultados de um inquérito a um painel de 42 técnicos do setor, validando a utilização destas ferramentas. Conclui-se que esta metodologia agiliza o planeamento da prevenção, facilitando o seu entendimento, num espírito de integração com a produção.

Anexo VI.e

O BIM (*BUILDING INFORMATION MODELLING*) COMO INSTRUMENTO DE PREVENÇÃO EM FASE DE PROJETO E DE OBRA

Cátia Lopes¹, Ricardo Reis² João Pedro Couto¹

1: Departamento de Engenharia Civil
Escola de Engenharia
Universidade do Minho
Azurém- Guimarães
emails: catia_lopes_13@hotmail.com, jpc@civil.uminho.pt;
web: <http://www.civil.uminho.pt/>

2: Xispoli Engenharia
Rua da Cegonha, 345, 1º - sala 1 – 4610 - 140 - Felgueiras
email: ricardo.reis@xispoli.eu; web: <http://www.xispoli.eu>

Cátia Lopes

- Mestranda no Mestrado Integrado em Engenharia Civil da Universidade do Minho

Ricardo Reis

- Gerente da Xispoli – Engenharia
- Licenciatura Engenharia Civil, Pós-Graduação em Segurança no Trabalho
- Membro Sénior e Especialista em Segurança no Trabalho da Construção da Ordem dos Engenheiros
- Correspondente da Associação Internacional de Segurança Social – Construção.

João Pedro Couto

- Professor Auxiliar no Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho
- Supervisor de 34 teses de Mestrado e Doutoramento
- Mais de 70 artigos publicados em conferências, revistas e livros

Anexo VI.f

Apesar do decréscimo do volume de trabalho no setor, continua a ocorrer um elevado número de acidentes de trabalho. Por outro lado, as ferramentas BIM tem vindo a ganhar cada mais relevo na elaboração de projetos. No caso do Plano de Segurança e Saúde e da Compilação Técnica, peças de projeto utilizadas para gerir a prevenção em fases de construção e exploração, tal ainda não se verifica. O modo atual de gerir a prevenção é muitas vezes consumado numa excessiva lista de procedimentos considerados aborrecidos por quem os tem de implementar e ficando pouco integrados com o planeamento de obra. Este panorama cria um ambiente de desvalorização desta problemática, fazendo com que a prevenção assuma um carácter secundário. Urge, então tomar medidas de gestão de fácil interpretação e suficientemente eficientes e permitindo que as peças de projeto ligadas a prevenção assumam um formato compatível com as restantes peças de projeto. Este artigo expõe a realização de um teste ao conceito “BIMSafety”, que consiste numa abordagem à utilização de metodologias BIM na prevenção. É apresentado, para um caso de estudo de uma obra de reabilitação, um novo modo de abordagem ao Plano de Segurança e Saúde e à Compilação Técnica, utilizando as metodologias BIM. Para aferir a adequabilidade desta nova abordagem, são apresentados os resultados de um inquérito a um painel de 42 técnicos do setor, validando a utilização destas ferramentas. Conclui-se que esta metodologia agiliza o planeamento da prevenção, facilitando o seu entendimento, num espírito de integração com a produção.

Anexo VI.g

BIM (Building Information Modelling) as a prevention tool in the design and work phases

M. Tender & J.P. Couto & C. Lopes & T. Cunha

University of Minho - School of Engineering, Guimarães, Portugal

R. Reis

Xispoli Engenharia, Portugal

ABSTRACT: BIM tools have been gaining relevance in the development of project designs. That is not yet the case when it comes to the Health and Safety Plan (HSP) and the Technical File (TF). The current way of managing prevention often results in a long list of procedures that are hard to understand by those who should be implementing them. This whole scenario creates an environment prone to the downgrading of these problems, and it is urgent to take immediate, easy to understand and efficient management measures. This paper shares the results of a test conducted on the “*BIMSafety*” concept, which is an approach to the use of BIM methodologies in prevention when it comes to the way HSPs and TFs are presented. To assess the potential of this new approach, the results of a survey conducted on a panel of 42 technicians in the field will be shared. The conclusion reached showed that this methodology streamlines prevention planning, making it easier to understand while integrating prevention and production.

1 INTRODUCTION

1.1. *Current picture of prevention in the construction and operations phases*

The Health and Safety Plan in the construction phase (HSP) and the Technical File (TF) are legally mandatory documents governing and guiding risk management during the stages of construction and operation of buildings, respectively. Currently, however, apart from a few exceptions, these instruments are merely translated into a long list documents that are not easily understood, which becomes an obstacle to risk analysis and to the implementation of preventive measures (Azhar e Behringer, 2013). The enforcement of these instruments, particularly the TF, falls very short of what was to be expected and what is needed, since they are often perceived as being separate from planning (Sulankivi e Kähkönen, 2010). This makes it hard to decide what preventive measures are to be applied, when and where (Zhang *et al.*, 2015). Also, in many cases, no risk analysis is conducted for that specific case. Instead, a template is used for all projects, regardless of the type of work (Pinto e Reis, 2012). This whole scenario creates an environment prone to the downgrading of these problems. We need to find ways to overcome these gaps, in order to bring risks down to acceptable levels (Reis *et al.*, 2014).

1.2. *4th Industrial Revolution*

The Fourth Industrial Revolution, the most recent one, is the merging of production methods with the latest developments in ICT. It features “smart” processes, based on virtual templates, streamlining communication between people, machines and

equipment (Deloitte, 2017), enabling suppliers to offer a wider range of products adapted to each individual client (Cavalcante e Silva, 2011).

1.3. *Building Information Modelling (BIM) and prevention*

Architecture, Engineering and Construction are experiencing a technological and organizational revolution, prioritizing information, sustainability and productivity. “*Building Information Modelling*” (BIM), which has taken almost two decades to reach its current state of development (Bargstädt, 2015), enables the digital representation of the physical and functional features of an infrastructure. It is therefore possible to see the Fourth Industrial Revolution embodied in BIM, since it is a way to manage the different expert fields, by facilitating the exchange of information during the construction and operation phases of an enterprise.

According to several authors, BIM presents several advantages, among which: three dimensional viewing, making designs easier to interpret; decreased potential for contradictions; less time needed to obtain detailed results than with manual design; possibility to create complex views and details; easy comparison between what was planned and what is done; decreased probability for human error in graphic modelling; use of a computerized database, minimizing manual changes.

Every year, there is an increased interest in integrating prevention issues with BIM (Azhar e Behringer, 2013). Aguilera has analysed papers published in 11 countries regarding the use of BIM methodologies applied to prevention in construction [9] and he found that 89% of those papers had been published between 2012 and 2016, with a boost from 2013 onwards.

Anexo VI.h



“A SEGURANÇA AO SERVIÇO DA PRODUÇÃO”
Luanda, 25 de Março de 2017



Ricardo da Cunha Reis

Manuel Tender



PRINCÍPIOS GERAIS DE PREVENÇÃO
Directiva Quadro n.º 89/391/CEE de 12 de Junho (Artigo 6º)



- a) *Evitar os riscos;*
- b) *Avaliar os riscos que não possam ser evitados;*
- c) *Combater os riscos na origem;*
- d) *Adaptar o trabalho ao homem, especialmente no que se refere à concepção dos postos de trabalho, bem como à escolha dos equipamentos de trabalho e dos métodos de trabalho e de produção, tendo em vista, nomeadamente, atenuar o trabalho monótono e o trabalho cadenciado e reduzir os efeitos destes sobre a saúde;*
- e) *Ter em conta o estágio de evolução da técnica;*
- f) *Substituir o que é perigoso pelo que é isento de perigo ou menos perigoso;*
- g) *Planificar a prevenção com um sistema coerente que integre a técnica, a organização do trabalho, as condições de trabalho, as relações sociais e a influência dos factores ambientais no trabalho;*
- h) *Dar prioridade às medidas de protecção colectiva em relação às medidas de protecção individual;*
- i) *Dar instruções adequadas aos trabalhadores.*

Anexo V.i

08/11/17



**5th INTERNATIONAL CONFERENCE
CONSTRUCTION
SAFETY AND HEALTH**

**“BIM - SAFETY, at the service of Production”
Cyprus, 25 of May 2017**


 ΣΥΛΛΟΓΟΣ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΥΠΡΟΥ
CYPRUS ASSOCIATION OF CIVIL ENGINEERS

 **BG BAU**
Berufsgenossenschaft
der Bauwirtschaft

Ricardo da Cunha Reis / Manuel Tender

 **xispoli**
engenharia

University of Minho BIMSafety team:
Prof. João Couto / Cátia Lopes / Telma Cunha



GENERAL PRINCIPLES OF PREVENTION
COUNCIL DIRECTIVE n° 89/391/CEE of 12 June 1989

General Principles of Prevention (Article 6.2)

- (a) avoiding risks;
- (b) evaluating the risks which cannot be avoided;
- (c) combating the risks at source;
- (d) adapting the work to the individual, especially as regards the design of work places, the choice of work equipment and the choice of working and production methods, with a view, in particular, to alleviating monotonous work and work at a predetermined work-rate and to reducing their effect on health;
- (e) adapting to technical progress;
- (f) replacing the dangerous by the non-dangerous or the less dangerous;
- (g) developing a coherent overall prevention policy which covers technology, organization of work, working conditions, social relationships and the influence of factors related to the working environment;
- (h) giving collective protective measures priority over individual protective measures;
- (i) giving appropriate instructions to the workers.

Anexo VI.j

08/11/17

BIM

Trends and Innovation

ISEP | Auditório E | 11 outubro 2017

Instituto Superior de Engenharia do Porto

P.PORTO

O BIM NA HIGIENE E SEGURANÇA NO TRABALHO

Manuel Tender

Universidade do Minho
Escola de Engenharia

1

O BIM NA HIGIENE E SEGURANÇA NO TRABALHO

Um técnico de segurança a falar sobre novas tecnologias?

1997 – EXPO'98 – Direção de Obra. Abril-Mudança abrupta. Ponte VG

1998-2014 - Gestão e Coordenação de Segurança

2014 – Portugal ou estrangeiro? + Túnel do Marão (CSO)

2014 – Doutoramento em Engenharia Civil (PDEC)

2016 – PDEC - Londres – Northern Line Extension – equipa de Gestão de Segurança – 1ª liga

NLE – Planeamento de estaleiro com uso de ferramentas BIM

Podemos planear a prevenção a três dimensões e parametrizada?

BIM Trends and Innovation 2017

2

